

(11)特許出願公開番号

特開2000-171230

(P2000-171230A)

(43)公開日 平成12年6月23日(2000.6.23)

(51) Int.Cl.7

識別記号

FI

テーマコード・(参考)

G O I B 15/04

G O I B 15/04

G O I N 21/956

G O I N 21/956

A

審査請求 未請求 請求項の数22 OL (全 29 頁)

(21)出願番号 特願平11-274696

(22)出題日 平成11年9月28日(1999.9.28)

(31)優先權主張番号 特願平10-276043

(32)優先日 平成10年9月29日(1998.9.29)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 塚田 弘志

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術センター内

(72)発明者 石井 勝博

栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会社  
東芝那須工場内

(74) 代理人 100058479

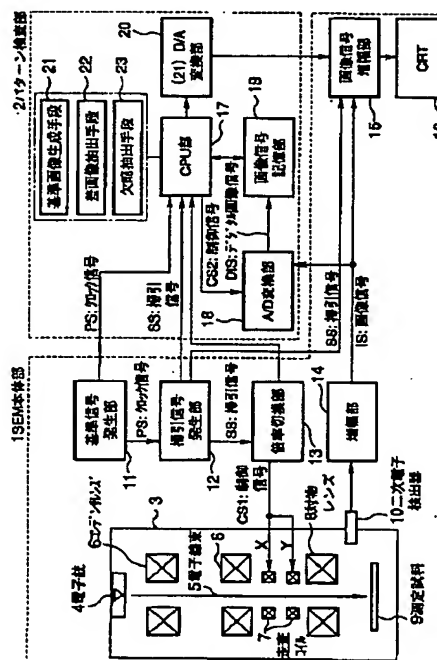
弁理士・鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 微小パターン形状検査方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、精度高く微小パターンの検査を行う。

【解決手段】複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成する基準画像生成手段２１と、この基準画像生成手段２１で生成された基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出する差画像抽出手段２２と、この差画像抽出手段２２で抽出された差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出する欠陥抽出手段２３とを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成する基準画像生成工程と、

この基準画像生成工程で生成された前記基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出する差画像抽出工程と、

この差画像抽出工程で抽出された前記差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出する欠陥抽出工程と、を有すること  
10 を特徴とする微小パターン形状検査方法。

【請求項 2】 測定試料に電子線束を照射したときに前記測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして前記測定試料に形成された微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、

複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成する基準画像生成手段と、

この基準画像生成手段で生成された前記基準画像データと前記被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出する差画像抽出手段と、

この差画像抽出手段で抽出された前記差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出する欠陥抽出手段と、を具備したことを特徴とする微小パターン形状検査装置。

【請求項 3】 前記基準画像生成手段は、複数の前記良品画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される上限濃淡画像データ、

複数の前記良品画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される下限濃淡画像データ、

前記良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される上限微分画像データ、

前記良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される下限微分画像データ、

前記上限濃淡画像データと前記下限濃淡画像データとを平均処理した平均濃淡画像データ、

前記上限微分画像データと前記下限微分画像データとを平均処理した平均微分画像データ、

を生成する機能を有することを特徴とする請求項 2 記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項 4】 前記差画像抽出手段は、前記上限濃淡画像データと前記被検査画像データとの差、及び前記下限濃淡画像データと前記被検査画像データとの差に基づいて濃淡差画像データを、かつ前記上限微分画像データと前記被検査画像データとの差、及び前記下限微分画像データと前記被検査画像データとの差に基づいて微分差  
50 画像データを得る機能を有することを特徴とする請求項

2 記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項 5】 前記欠陥抽出手段は、前記濃淡差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分を抽出し、かつ前記微分差画像データと予め定められたしきい値とを比較して形状の欠陥部分を抽出する機能を有することを特徴とする請求項 2 記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項 6】 凹凸状で湾曲状に形成された微小パターンを撮影して得られた画像データに基づいて前記微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査方法において、

前記微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を前記画像データに対して設定する検査領域設定工程と、

この検査領域設定工程で設定された前記検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列工程と、

この濃度ピーク点列工程で求められた前記濃度ピーク点列に対して略垂直方向でかつ前記濃度ピーク点を含む範囲での濃度データを前記濃度ピーク点列の複数箇所  
20 で取得する取得濃度データ工程と、

この取得濃度データ工程で取得された前記各濃度データに対してそれぞれ所定の各値を演算して求め、これら値と予め設定された良否判定基準とを比較して前記微小パターンの良否を判定する欠陥判定工程と、

を有することを特徴とする微小パターン形状検査方法。

【請求項 7】 測定試料に電子線束を照射したときに前記測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして前記測定試料に形成された凹凸状で湾曲状の微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、

前記微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を前記画像データに対して設定する検査領域設定手段と、

この検査領域設定手段で設定された前記検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列手段と、

この濃度ピーク点列手段で求められた前記濃度ピーク点列に対して略垂直方向でかつ前記濃度ピーク点を含む範囲での濃度データを前記濃度ピーク点列の複数箇所  
30 で取得する取得濃度データ手段と、

この取得濃度データ手段で取得された前記各濃度データに対してそれぞれ所定の各値を演算して求め、これら値と予め設定された良否判定基準とを比較して前記微小パターンの良否を判定する欠陥判定手段と、を具備したことを特徴とする微小パターン形状検査装置。

【請求項 8】 前記検査領域設定手段は、楕円状の前記微小パターンに対して前記微小パターンの縁の外側及び内側にそれぞれ配置される各楕円により形成される前記検査領域を設定する機能を有することを特徴とする請求項 7 記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項 9】 前記濃度ピーク点列手段は、前記検査領

域の各楕円を横切る各直線を所定角度毎に設定し、これら直線上の各輝度分布の各濃度ピーク位置を求めて濃度ピーク点列を取得する機能を有することを特徴とする請求項7記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項10】 前記取得濃度データ手段は、前記濃度データを取得する前記濃度ピーク点を含む範囲を前記微小パターンの凹凸状のダレ量、前記微小パターンの歪み量、そのサイズ変動に応じて設定する機能を有することを特徴とする請求項7記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項11】 前記欠陥判定手段は、前記各濃度データに対してそれぞれ所定の方向に輝度を加算し、この濃度加算値の最大、最小、平均、分散を演算して求め、これら最大、最小、平均、分散値と予め設定された良否判定基準とを比較して前記微小パターンの良否を判定する機能を有することを特徴とする請求項7記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項12】 凹凸状で湾曲状に形成された微小パターンを撮影して得られた画像データに基づいて前記微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査方法において、前記微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第1の形状処理工程と、基準とする微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第2の形状処理工程と、これら第1と第2の形状処理工程によりそれぞれフィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを比較して前記微小パターンの評価を行う評価工程と、を有することを特徴とする微小パターン形状検査方法。

【請求項13】 前記第1と第2の形状処理工程は、前記微小パターン又は基準とする微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を前記画像データに対して設定する検査領域設定工程と、この検査領域設定工程で設定された前記検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて前記濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列工程と、この濃度ピーク点列工程で求められた前記濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すフィルタ処理工程と、を有することを特徴とする請求項12記載の微小パターン形状検査方法。

【請求項14】 前記フィルタ処理工程は、前記濃度ピーク点列をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元することを特徴とする請求項13記載の微小パターン形状検査方法。

【請求項15】 測定試料に電子線束を照射したときに前記測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして前記測定試料に

形成された凹凸状で湾曲状の微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、前記微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第1の形状処理手段と、基準とする微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第2の形状処理手段と、これら第1と第2の形状処理手段によりそれぞれフィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを比較して前記微小パターンの評価を行う評価手段と、を具備したことを特徴とする微小パターン形状検査装置。

【請求項16】 前記第1と第2の形状処理手段は、前記微小パターン又は基準とする微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を前記画像データに対して設定する検査領域設定手段と、この検査領域設定手段で設定された前記検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて前記濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列手段と、この濃度ピーク点列手段で求められた前記濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すフィルタ処理手段と、を具備したことを特徴とする請求項15記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項17】 前記フィルタ処理手段は、前記濃度ピーク点列をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する機能を有することを特徴とする請求項16記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項18】 前記評価手段は、前記フィルタ処理された前記濃度ピーク点列と基準とする前記濃度ピーク点列とによりそれぞれ形成される各パターンサイズの少なくとも幅幅が同じになるように調整する機能を有することを特徴とする請求項15記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項19】 前記評価手段は、前記フィルタ処理された前記濃度ピーク点列と基準とする前記濃度ピーク点列とを重ね合わせ、これら濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列との各パターン間のずれ量の総和を前記微小パターンの形状歪み評価値とする機能を有することを特徴とする請求項15記載の微小パターン形状検査装置。

【請求項20】 微小パターンを撮影して得られた画像信号における前記微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔から前記微小パターンの線幅を求めることを特徴とする微小パターン形状検査方法。

【請求項21】 測定試料に電子線束を照射したときに前記測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像信号に基づいて前記微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、

10

20

30

40

50

前記微小パターンを撮影して得られた前記画像信号に対して複数の平滑化サイズで波形の平滑化を行う平滑化手段と、

この平滑化手段により得られる平滑化サイズの異なる各平滑化波形データの差分波形データを求める差分波形手段と、

この差分波形手段により求められた差分波形データとこの差分波形データを求めるのに前記差分波形手段で用いた前記各平滑化波形データとに基づいて前記微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔を前記微小パターンの線幅として求める幅計測手段と、を具備したことを特徴とする微小パターン形状検査装置。

【請求項 22】 前記電子線束の径による畳み込みによるボケ量以上の前記平滑化サイズで求めた前記微小パターンの線幅の系列からその回帰曲線を求め、この回帰曲線の前記平滑化サイズがゼロの位置の値から前記電子線束の径がゼロのときの前記微小パターンの線幅を求める機能を有することを特徴とする請求項 21 記載の微小パターン形状検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体ウエハ上に形成された微小パターンの欠陥やそのテーパー部の状態、さらには寸法を測定する微小パターン形状検査方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】このような半導体ウエハ上に形成された微小パターンの検査には、例えば走査型電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscope）が用いられている。この SEM は、測定試料に電子線束（電子ビーム）を照射し、このとき測定試料から放出される二次電子を検出して画像データを得るもので、この画像データを画像処理することによって測定試料に形成された微小パターンの欠陥検査やこの微小パターンのテーパー部の状態、さらにはその寸法測定を行っている。

【0003】このうち微小パターンの欠陥は、この微小パターンの画像をモニタ上に拡大表示し、このモニタ上に表示された画像を検査員が目視により確認することによって検査している。この微小パターンの欠陥検査で微小パターンの形状に歪みがなく真円のものに対しては、真円の中心から  $R-\theta$  変換し、この変換した画像を処理することで微小パターンの傷、汚れを検査している。

【0004】又、微小パターンの形状歪みは、その微小パターンの縦横比、周囲長、面積などを計測し、規格値と比較することで検査を行っている。

【0005】又、微小パターンの寸法測定は、微小パターンの画像をモニタ上に拡大表示し、このモニタ上に表示された画像に対して検査員がカーソルを当ててそのカーソル間の距離と倍率とから測定を行っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、検査員がモニタ上に拡大表示された微小パターンの画像を目視して微小パターンの欠陥やそのテーパー部の状態を検査する方法では、検査員によって評価基準にばらつきが生じ、定量的な検査が不可能である。そして、半導体ウエハの微小パターンのような多様な形状で変形や歪みの多い測定試料については、精度高く検査・評価を行うことができない。

【0007】又、微小パターンの形状歪みは、微小パターンの縦横比、周囲長、面積などを計測し、規格値と比較することで検査を行っているが、これら縦横比、周囲長、面積などでは、形状歪みを精度高く表現することができず、大まかな検査しかできない。

【0008】又、検査員が微小パターンの画像が表示されているモニタ上にカーソルを当てて寸法測定を行う方法では、カーソルの当方によって測定結果にばらつきが生じ、高精度の測定が不可能である。

【0009】そこで本発明は、精度高く微小パターンの検査ができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0010】又、本発明は、微小パターンの形状検査を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0011】又、本発明は、多様な形状で変形や歪みのある微小パターンのテーパー部の形状検査を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0012】又、本発明は、微小パターンの形状歪みを自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0013】又、本発明は、微小パターンの寸法測定を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項 1 によれば、複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成する基準画像生成工程と、この基準画像生成工程で生成された基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出する差画像抽出工程と、この差画像抽出工程で抽出された差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出する欠陥抽出工程と、を有する微小パターン形状検査方法である。

【0015】請求項 2 によれば、測定試料に電子線束を照射したときに測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして測定試料に形成された微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、複数の良品画像データに基づ

10

20

30

40

50

いて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成する基準画像生成手段と、この基準画像生成手段で生成された基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出する差画像抽出手段と、この差画像抽出手段で抽出された差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出する欠陥抽出手段と、を備えた微小パターン形状検査装置である。

【0016】請求項3によれば、請求項2記載の微小パターン形状検査装置において、基準画像生成手段は、複数の良品画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される上限濃淡画像データ、複数の良品画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される下限濃淡画像データ、良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される上限微分画像データ、良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される下限微分画像データ、上限濃淡画像データと下限濃淡画像データとを平均処理した平均濃淡画像データ、上限微分画像データと下限微分画像データとを平均処理した平均微分画像データ、を生成する機能を有する。

【0017】請求項4によれば、請求項2記載の微小パターン形状検査装置において、差画像抽出手段は、上限濃淡画像データと被検査画像データとの差及び下限濃淡画像データと被検査画像データとの差に基づいて濃淡差画像データを求め、かつ上限微分画像データと被検査画像データとの差及び下限微分画像データと被検査画像データとの差に基づいて微分差画像データを求める機能を有する。

【0018】請求項5によれば、請求項2記載の微小パターン形状検査装置において、欠陥抽出手段は、濃淡差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分を抽出し、かつ微分差画像データと予め定められたしきい値とを比較して形状の欠陥部分を抽出する機能を有する。

【0019】請求項6によれば、凹凸状で湾曲状に形成された微小パターンを撮影して得られた画像データに基づいて微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査方法において、微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を画像データに対して設定する検査領域設定工程と、この検査領域設定工程で設定された検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列工程と、この濃度ピーク点列工程で求められた濃度ピーク点列に対して略垂直方向でかつ濃度ピーク点を含む範囲での濃度データを濃度ピーク点列の複数箇所で取得する取得濃度データ工程と、この取得濃度データ工程で取得された各濃度データに対してそれぞれ所定の各値を演算して求め、これら値と予め設定された良否判定基準とを比較して微小パターンの良否

を判定する欠陥判定工程と、を有する微小パターン形状検査方法である。

【0020】請求項7によれば、測定試料に電子線束を照射したときに測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして測定試料に形成された凹凸状で湾曲状の微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を画像データに対して設定する検査領域設定手段と、この検査領域設定手段で設定された検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列手段と、この濃度ピーク点列手段で求められた濃度ピーク点列に対して略垂直方向でかつ濃度ピーク点を含む範囲での濃度データを濃度ピーク点列の複数箇所取得する取得濃度データ手段と、この取得濃度データ手段で取得された各濃度データに対してそれぞれ所定の各値を演算して求め、これら値と予め設定された良否判定基準とを比較して微小パターンの良否を判定する欠陥判定手段と、を備えた微小パターン形状検査装置である。

【0021】請求項8によれば、請求項7記載の微小パターン形状検査装置において、検査領域設定手段は、楕円状の微小パターンに対して微小パターンの縁の外側及び内側にそれぞれ配置される各楕円により形成される検査領域を設定する機能を有する。

【0022】請求項9によれば、請求項7記載の微小パターン形状検査装置において、濃度ピーク点列手段は、検査領域の各楕円を横切る各直線を所定角度毎に設定し、これら直線上の各輝度分布の各濃度ピーク位置を求めて濃度ピーク点列を取得する機能を有する。

【0023】請求項10によれば、請求項7記載の微小パターン形状検査装置において、取得濃度データ手段は、濃度データを取得する濃度ピーク点を含む範囲を微小パターンの凹凸状のダレ量、微小パターンの歪み量、そのサイズ変動に応じて設定する機能を有する。

【0024】請求項11によれば、請求項7記載の微小パターン形状検査装置において、欠陥判定手段は、各濃度データに対してそれぞれ所定の方向に輝度を加算し、この濃度加算値の最大、最小、平均、分散を演算して求め、これら最大、最小、平均、分散値と予め設定された良否判定基準とを比較して微小パターンの良否を判定する機能を有する。

【0025】請求項12によれば、凹凸状で湾曲状に形成された微小パターンを撮影して得られた画像データに基づいて微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査方法において、微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第1の形状処理工程と、基準とする微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第2の形状処理工程と、これら第1と第2の

形状処理工程によりそれぞれフィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを比較して微小パターンの評価を行う評価工程と、を有する微小パターン形状検査方法である。

【0026】請求項13によれば、請求項12記載の微小パターン形状検査方法において、第1と第2の形状処理工程は、微小パターン又は基準とする微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を前記画像データに対して設定する検査領域設定工程と、この検査領域設定工程で設定された検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列工程と、この濃度ピーク点列工程で求められた濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すフィルタ処理工程とを有する。

【0027】請求項14によれば、請求項13記載の微小パターン形状検査方法において、フィルタ処理は、濃度ピーク点列をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する。

【0028】請求項15によれば、測定試料に電子線束を照射したときに測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像データを被検査画像データとして測定試料に形成された凹凸状で湾曲状の微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第1の形状処理手段と、基準とする微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施す第2の形状処理手段と、これら第1と第2の形状処理手段によりそれぞれフィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを比較して微小パターンの評価を行う評価手段と、を備えた微小パターン形状検査装置である。

【0029】請求項16によれば、請求項15記載の微小パターン形状検査装置において、第1と第2の形状処理手段は、微小パターン又は基準とする微小パターンの形状に応じた湾曲状の検査領域を画像データに対して設定する検査領域設定手段と、この検査領域設定手段で設定された検査領域の湾曲方向を横切る部分の輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求める濃度ピーク点列手段と、この濃度ピーク点列手段で求められた濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すフィルタ処理手段とを備えている。

【0030】請求項17によれば、請求項16記載の微小パターン形状検査装置において、フィルタ処理手段は、濃度ピーク点列をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する機能を有する。

【0031】請求項18によれば、請求項15記載の微小パターン形状検査装置において、評価手段は、フィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点

列とによりそれぞれ形成される各パターンサイズの少なくとも横幅が同じになるように調整する機能を有する。

【0032】請求項19によれば、請求項15記載の微小パターン形状検査装置において、評価手段は、フィルタ処理された濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを重ね合わせ、これら濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列との各パターン間のずれ量の総和を微小パターンの形状歪み評価値とする機能を有する。

【0033】請求項20によれば、微小パターンを撮影して得られた画像信号における微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔から微小パターンの線幅を求める微小パターン形状検査方法である。

【0034】請求項21によれば、測定試料に電子線束を照射したときに測定試料から放出される二次電子を検出して得られる画像信号に基づいて微小パターンの検査を行う微小パターン形状検査装置において、微小パターンを撮影して得られた画像信号に対して複数の平滑化サイズで波形の平滑化を行う平滑化手段と、この平滑化手段により得られる平滑化サイズの異なる各平滑化波形データの差分波形データを求める差分波形手段と、この差分波形手段により求められた差分波形データとこの差分波形データを求めるのに差分波形手段で用いた各平滑化波形データとに基づいて微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔を微小パターンの線幅として求める幅計測手段と、を備えた微小パターン形状検査装置である。

【0035】請求項22によれば、請求項21記載の微小パターン形状検査装置において、電子線束の径による畳み込みによるボケ量以上の平滑化サイズで求めた微小パターンの線幅の系列からその回帰曲線を求め、この回帰曲線の平滑化サイズがゼロの位置の値から電子線束の径がゼロのときの微小パターンの線幅を求める機能を有する。

【0036】

【発明の実施の形態】(1) 以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0037】図1は微小パターン形状検査装置の構成図である。

【0038】この微小パターン形状検査装置は、SEM本体部1とパターン検査部2とから構成されている。このうちSEM本体部1の電子光学鏡筒3には、その上部に電子銃4が設けられ、この電子銃4から放出される電子線束5の進行路に沿ってコンデンサレンズ6、走査コイル7及び対物レンズ8が設けられている。これと共に電子光学鏡筒3の下部には、測定試料9が設けられ、かつこの測定試料9の斜め上方に二次電子検出器10が設けられている。

【0039】又、SEM本体部1には、基準となるクロック信号PSを出力する基準信号発生部11が設けら

10

20

30

40

50



れ、この基準信号発生部11から出力されたクロック信号PSが掃引信号発生部12及び上記パターン検査部2に送られている。

【0040】掃引信号発生部12は、基準信号発生部11から出力されたクロック信号PSに基づいて電子線束5をラスタ走査させるための掃引信号SSを発生させる機能を有している。

【0041】倍率切換部13は、図示しない倍率切換スイッチの設定と掃引信号発生部12で発生した掃引信号SSとの組み合わせで走査コイル7に対して制御信号CS1を送出し、この走査コイル7によって電子線束5の走査方向及び幅を制御する機能を有している。

【0042】上記二次電子検出器10は、測定試料9から放出された二次電子を検出してその検出信号を出力する機能を有するもので、この検出信号は増幅部14により増幅されて画像信号ISとなつて画像信号増幅器15に送られている。

【0043】この画像信号増幅器15は、増幅器14から出力された画像信号ISと掃引信号発生部12で発生した掃引信号SSとによりCRT表示装置16に測定試料9の特定部位の画像を拡大表示させる機能を有している。

【0044】一方、パターン検査部2には、CPU部17から設けられ、このCPU部17にA/D変換部18、画像信号記憶部19及びD/A変換部20が接続されている。

【0045】このうちA/D変換部18は、基準信号発生部11からのクロック信号PS及び掃引信号発生部12で発生した掃引信号SSに基づいてCPU部17から出力された制御信号CS2により増幅部14から出力された画像信号ISを複数画素例えば512×512画素に分割して画像信号ISのレベル（電圧値）をA/D変換する機能を有している。

【0046】画像信号記憶部19は、A/D変換部18によって各画素ごとにA/D変換された画像信号DISをアドレス化してそれらのレベルを記録する機能を有している。

【0047】D/A変換部20は、CPU部17の演算結果をD/A変換して画像信号増幅器15を通してCRT表示装置16に送出する機能を有している。

【0048】上記CPU部17は、図2に示す検査機能メインフローチャートに従い、指定されたアドレスの画像信号DISを画像信号記録部19から読み出し、この画像信号DISに対して各種画像処理を行う演算機能と記憶機能とを有するもので、特に基準画像生成手段21、差画像抽出手段22及び欠陥抽出手段23の各機能を有している。

【0049】このうち基準画像生成手段21は、図3に示す基準画像生成フローチャートに従い、複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた

6つの基準画像データ、すなわち欠陥が存在しない良品パターンの画像データとして例えば上限濃淡画像データ、下限濃淡画像データ、上限微分画像データ、下限微分画像データ、平均濃淡画像データ、平均微分画像データを生成する機能を有している。

【0050】具体的に上限濃淡画像データは、例えば図4に示すように複数の良品画像データa1～a4の各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される。下限濃淡画像データは、例えば図4に示すように複数の良品画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される。

【0051】上限微分画像データは、良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最大値から形成される。下限微分画像データは、良品画像データを微分処理した画像データの各画像値のうち座標位置ごとに各最小値から形成される。

【0052】平均濃淡画像データは、上限濃淡画像データと下限濃淡画像データとを平均処理して形成される。平均微分画像データは、上限微分画像データと下限微分画像データとを平均処理して形成される。

【0053】差画像抽出手段22は、図5に示す差画像取得フローチャートに従い、基準画像生成手段21で生成された6つの基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出するもので、具体的には、上限濃淡画像データと被検査画像データとの差及び下限濃淡画像データと被検査画像データとの差に基づいて濃淡差画像データを得、かつ上限微分画像データと被検査画像データとの差及び下限微分画像データと被検査画像データとの差に基づいて微分差画像データを得る機能を有している。

【0054】欠陥抽出手段23は、図6に示す欠陥抽出フローチャートに従い、差画像抽出手段22で抽出された差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出するもので、具体的には、濃淡差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分を抽出し、かつ微分差画像データと予め定められたしきい値とを比較して形状の欠陥部分を抽出する機能を有している。

【0055】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0056】SEM本体部1の電子光学鏡筒3の下部には、例えばLSIなどの微小パターンが形成された半導体ウエハなどの測定試料9が設置される。

【0057】電子銃4から電子線束5から放出されると、この電子線束5は、コンデンサレンズ6で縮小され、倍率切換部13からの制御信号CS1に従って走査コイル7によりX-Y方向にラスタ走査され、さらに対物レンズ8で縮小されて測定試料9面に照射される。

【0058】このように測定試料9面に電子線束5が照射されると、測定試料9面からは二次電子が放出され

る。二次電子検出器10は、この二次電子を検出してその検出信号を出力する。そして、この検出信号は増幅部14により増幅されて画像信号ISとなって画像信号増幅器15に送られる。

【0059】この画像信号増幅器15は、増幅器14から出力された画像信号ISと掃引信号発生部12で発生した掃引信号SSとによりCRT表示装置16に測定試料9の特定部位の画像を拡大表示する。

【0060】これと共に、画像信号ISはパターン検査部2のA/D変換部18に送られ、このA/D変換部18は、CPU部17から出力された制御信号CS2に基づいて画像信号ISをA/D変換し、ラスタ走査及び走査線分割により例えば512×512画素に分割し、それぞれのアドレスにおけるA/D変換されたデジタル画像信号をIS(i, j:但しi, j=0, 1, 3, ... 512)とアドレス化する。

【0061】画像信号記憶部19は、A/D変換部18からのデジタル画像信号(SEM画像)DISをアドレスごとに記憶する。

【0062】次に、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されたデジタル画像信号(以下、被検査画像データと称する)DISに対して演算機能を用いて微小パターンの形状検査を行う。この検査は、画像信号記憶部19に記憶された被検査画像データDISと、同画像信号記憶部19に予め格納された6つの基準画像データとを比較して行う。

【0063】具体的に説明すると、CPU部17は、図2に示す検査機能メインフローチャートのステップ#1において検査パラメータを読み込み、ステップ#2において被検査画像データと基準画像データとのサイズを再設定し、ステップ#3において被検査画像データに対する前処理例えば画像読み込み、微分処理、正規化処理を行う。そして、CPU部17は、ステップ#4において基準ファイル枚数の読み込みを行い、ステップ#5～#8において基準画像生成手段21により濃度差や形状差のばらつきに応じた6つの基準画像データを生成する。

【0064】具体的に基準画像生成手段21は、良品画像データとして複数の基準画像生成用濃淡画像データと、これら基準画像生成用濃淡画像データをそれぞれ微分処理した基準生成用微分画像データを用いる。

【0065】まず、基準画像生成手段21は、上記図3に示す基準画像生成フローチャートのステップ#20において図7に示すような例えば近傍領域が±1のマトリックスを用い、このマトリックスを基準画像生成用濃淡画像データに走査して、マトリックスの注目座標(x, y)に当たる基準画像生成用濃淡画像データ上の画像値(濃淡値)と、注目座標(x, y)を中心とする近傍領域(fx, fy)に当たる各画像値を取得する。

【0066】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#21において、注目座標(x, y)とその近傍領域

(fx, fy)に当たる各画像値のうち最大の画像値(max)を求め、この最大の画像値(max)と上限濃淡画像データ領域の同座標(x, y)の画像値(tmaxとする)とを比較し、max>tmaxであれば、上限濃淡画像データ領域の同座標(x, y)に画像値の最大(max)を格納する。

【0067】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#22において、注目座標(x, y)とその近傍領域(fx, fy)に当たる各画像値のうち最小の画像値(min)を求め、この最小の画像値(min)と下限濃淡画像データ領域の同座標(x, y)の画像値(tminとする)とを比較し、min<tminであれば、下限濃淡画像データ領域の同座標(x, y)に画像値の最小の画像値(min)を格納する。

【0068】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#23において上記同様に図7に示すマトリックスを用い、このマトリックスを基準生成用微分画像データに走査して、マトリックスの注目座標(x, y)に当たる基準生成用微分画像データ上の画像値と、注目座標(x, y)を中心とする近傍領域(fx, fy)に当たる各画像値を取得する。

【0069】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#24において、注目座標(x, y)とその近傍領域(fx, fy)に当たる各画像値のうち最大の画像値(max)を求め、この最大の画像値(max)と上限微分画像データ領域の同座標(x, y)の画像値(tmaxとする)とを比較し、max>tmaxであれば、上限微分画像データ領域の同座標(x, y)に画像値の最大(max)を格納する。

【0070】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#25において、注目座標(x, y)とその近傍領域(fx, fy)に当たる各画像値のうち最小の画像値(min)を求め、この最小の画像値(min)と下限微分画像データ領域の同座標(x, y)の画像値(tminとする)とを比較し、min<tminであれば、下限微分画像データ領域の同座標(x, y)に画像値の最小の画像値(min)を格納する。

【0071】以上により基準画像生成手段21は、ステップ#26において、6枚の基準画像データのうち上限濃淡画像データ、下限濃淡画像データ、上限微分画像データ、下限微分画像データを得て、これら画像データを画像信号記憶部19に保存する。

【0072】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#27において、上記同様に図7に示すマトリックスを先に取得した上限濃淡画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標(x, y)に当たる上限濃淡画像データ上の画像値(tmax)を取得する。

【0073】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#28において、上記同様に図7に示すマトリックスを先に取得した下限濃淡画像データ上に走査し、このマト



リックスの注目座標 (x, y) に当たる下限濃淡画像データ上の画像値 (tmin) を取得する。

【0074】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#29において、上記ステップ#27で取得した上限濃淡画像データ上の画像値 (tmax) と上記ステップ#28で取得した下限濃淡画像データ上の画像値 (tmin) との平均値 (ave) を求め、この平均値 (ave) を平均濃淡画像値として平均濃淡画像データ領域の同座標 (x, y) に格納する。

【0075】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#30において、上記同様に図7に示すマトリックスを先に取得した上限微分画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる上限微分画像データ上の画像値 (tmax) を取得する。

【0076】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#31において、上記同様に図7に示すマトリックスを先に取得した下限微分画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる下限微分画像データ上の画像値 (tmin) を取得する。

【0077】次に、基準画像生成手段21は、ステップ#32において、上記ステップ#30で取得した上限微分画像データ上の画像値 (tmax) と上記ステップ#31で取得した下限微分画像データ上の画像値 (tmin) との平均値 (ave) を求め、この平均値 (ave) を平均微分画像値として平均微分画像データ領域の同座標 (x, y) に格納する。

【0078】以上により基準画像生成手段21は、ステップ#33において、6枚の基準画像データのうち残りの平均濃淡画像データ、平均微分画像データを得て、これら画像データを画像信号記憶部19に保存する。

【0079】次に、CPU部17は、図2に示す検査機能メインフローチャートのステップ#9において、6枚の基準画像データのうち平均微分画像データを2値化し、図8(a)に示すような基準平均微分2値化画像データを生成する。

【0080】次に、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されている濃淡の被検査画像データを読み出し、この被検査画像データに対して2値化し、図8(b)に示すような被検査微分2値化画像データを生成する。

【0081】次に、CPU部17は、ステップ#10において、図8(a)(b)に示す基準平均微分2値化画像データと被検査微分2値化画像データとの各画像位置をシフトさせながら、これら画像データの各画像値の排他的論理和 (XOR) を求め、この排他的論理和 (XOR) が最小 (差異最小) となる位置を求める精密位置合わせを\*

$$\text{maxtemp} = p - \text{max}$$

を計算し、 $\text{maxtemp} < 0$  となる場合、 $\text{maxtemp} = 0$  とする。

【0090】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#53において、図10(a)に示すような濃淡の被検査画

\* 行う。

【0082】具体的にCPU部17は、図9に示す精密位置合わせフローチャートに従い、ステップ#40において基準平均微分2値化画像データと被検査微分2値化画像データとのサイズを再設定し、次のステップ#41において差異最小カウンタを初期化し、次のステップ#41において差異カウンタを初期化する。

【0083】次に、CPU部17は、ステップ#43において、基準平均微分2値化画像データと被検査微分2値化画像データとの同座標値の排他的論理和 (XOR) を求める。

【0084】次に、CPU部17は、ステップ#44においてXORの計算結果と遮蔽マスク画像の同座標値の論理積 (AND) を計算し、次のステップ#45においてANDの結果を差異カウンタに加算する。

【0085】次に、CPU部17は、ステップ#46において差異カウンタのカウント値と差異最小カウンタのカウント値とを比較し、差異カウンタのカウント値が差異最小カウンタのカウント値よりも小さければ、ステップ#47に移って基準画像シフト量を記憶し、次のステップ#48において差異カウンタのカウント値を差異最小カウンタのカウント値に設定する。これにより、基準平均微分2値化画像データと被検査微分2値化画像データとが位置合わせされる。

【0086】次に、CPU部17の差画像抽出手段22は、図2に示す検査機能メインフローチャートのステップ#11において、濃度差や形状差の許容範囲情報を持つ各基準画像データと被検査画像データとの各画像間演算を行って、濃度異常や形状異常を含む差画像を抽出する。

【0087】具体的に差画像抽出手段22は、図5に示す差画像取得フローチャートに従い、ステップ#50において、図10(a)に示すような濃淡の被検査画像データに対して上記同様に図7に示すマトリックスを走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる画像値 (p とする) を取得する。

【0088】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#51において、図10(b)に示すような上限濃淡画像データの注目座標 (x, y) に位置合わせデータの座標 (dx, dy) を加えた座標 (x + dx, y + dy) の画像値 (max とする) を取得する。

【0089】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#52において、濃淡の被検査画像データの画像値 (p) と上限濃淡画像データの画像値 (max) との差分を濃度上限差 (maxtemp) として設定する。すなわち、

$$\dots (1)$$

像データに対して上記同様に図7に示すマトリックスを走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる画像値 (p とする) を取得する。

【0091】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#

54において、下限濃淡画像データの注目座標(x, y)に位置合わせデータの座標(dx, dy)を加えた座標(x+dx, y+dy)の画像値(minとする)を取得する。

$$\text{mintemp} = \min - p$$

を計算し、mintemp<0となる場合、mintemp=0とする。

【0093】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#

$$d = \text{maxtemp} + \text{mintemp}$$

を求め、濃淡差画像データ領域の座標(x, y)に格納する。

【0094】図11は以上のように求められる濃淡差画像データの作用を示す模式図であつて、濃度上限差(maxtemp)及び濃度下限差(mintemp)と被検査画像データの画像値(p)との濃淡差(d)が示されている。

【0095】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#57において、濃淡の被検査画像データの注目座標(x, y)の画像値(pとする)を取得する。

$$\text{maxtemp} = p - \text{max}$$

を計算し、maxtemp<0となる場合、maxtemp=0とする。

【0098】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#60において、濃淡の被検査画像データに対して上記同様に図7に示すマトリックスを走査し、このマトリックスの注目座標(x, y)に当たる画像値(pとする)を取得する。

【0099】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#

$$\text{mintemp} = \min - p$$

を計算し、mintemp<0となる場合、mintemp=0とする。

【0101】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#

$$d = \text{maxtemp} + \text{mintemp}$$

を求め、微分差画像データ領域の座標(x, y)に格納する。

【0102】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#64において、濃淡差画像データ領域の座標(x, y)の画像値(ndとする)と、微分差画像データ領域の座標(x, y)の画像値(bdとする)とを取得し、これら画像値(nd)と画像値(bd)を比較する。

【0103】この比較の結果、画像値(nd)が画像値(bd)よりも小さくnd<bdであれば、差画像抽出手段22は、ステップ#65に移ってndを最小差画像領域の座標(x, y)に格納、すなわち濃淡差画像値を絶対値差画像値として出力する。

【0104】又、上記比較の結果、画像値(nd)が画像値(bd)よりも大きくnd>bdであれば、差画像抽出手段22は、ステップ#66に移ってbdを最小差画像領域の座標(x, y)に格納、すなわち微分差画像値を絶対値差画像値として出力する。

【0105】以上により差画像抽出手段22は、ステッ

\*【0092】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#55において、濃淡の被検査画像データの画像値(p)と下限濃淡画像データの画像値(min)との差分を濃度下限差(mintemp)として設定する。すなわち、

$$\dots(2)$$

※56において、濃度上限差(maxtemp)と濃度下限差(mintemp)とを加算し、濃淡差(d)

$$\dots(3)$$

10★【0096】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#58において、上限微分画像データの注目座標(x, y)に位置合わせデータの座標(dx, dy)を加えた座標(x+dx, y+dy)の画像値(maxとする)を取得する。

【0097】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#59において、濃淡の被検査画像データの画像値(p)と上限微分画像データの画像値(max)との差分を微分上限差(maxtemp)として設定する。すなわち、

$$\dots(4)$$

20☆61において、下限微分画像データの注目座標(x, y)に位置合わせデータの座標(dx, dy)を加えた座標(x+dx, y+dy)の画像値(minとする)を取得する。

【0100】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#62において、濃淡の被検査画像データの画像値(p)と下限微分画像データの画像値(min)との差分を微分下限差(mintemp)として設定する。すなわち、

$$\dots(5)$$

◆63において、上限微分値(maxtemp)と下限微分値(mintemp)とを加算し、微分差(d)

$$\dots(6)$$

ブ#67において、濃淡差画像データ、微分差画像データ及び絶対値差画像データを取得して画像信号記憶部19に保存する。

【0106】次に、CPU部17の欠陥抽出手段23は、図2に示す検査機能メインフローチャートのステップ#12において、差画像抽出手段22で抽出された濃淡差画像データ、微分差画像データ及び絶対値差画像データを受け取り、このうち濃淡差画像データと予め定められたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分を抽出し、かつ微分差画像データと予め定められたしきい値とを比較して形状の欠陥部分を抽出する。

【0107】具体的に欠陥抽出手段23は、図6に示す欠陥抽出フローチャートに従い、ステップ#70において、上記同様に図7に示すマトリックスを濃淡差画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標(x, y)に当たる画像値(npとする)を取得する。

【0108】次に、欠陥抽出手段23は、ステップ#71において、濃淡差画像データ上の画像値(np)と予

め定められた2値化しきい値 (isp.Sth: 欠陥出力しきい値) とを比較し、 $np < \text{isp.Sth}$  であれば、ステップ # 7 2 に移って欠陥ではないと判断し、「0」を濃淡欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納する。

【0109】又、画像値 (np) と2値化しきい値 (isp.Sth) との比較の結果、 $np \geq \text{isp.Sth}$  であれば、欠陥抽出手段23は、ステップ # 7 3 に移って欠陥であると判断し、画像値 (np) を濃淡欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納する。

【0110】次に、欠陥抽出手段23は、ステップ # 7 4 において、上記同様に図7に示すマトリックスを微分差画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる画像値 (np) を取得する。

【0111】次に、欠陥抽出手段23は、ステップ # 7 5 において、微分差画像データ上の画像値 (np) と予め定められた2値化しきい値 (isp.Sth) とを比較し、 $np < \text{isp.Sth}$  であれば、ステップ # 7 6 に移って欠陥ではないと判断し、「0」を微分欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納する。

【0112】又、画像値 (np) と2値化しきい値 (isp.Sth) との比較の結果、 $p \geq \text{isp.Sth}$  であれば、欠陥抽出手段23は、ステップ # 7 7 に移って欠陥であると判断し、画像値 (np) を微分欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納する。

【0113】次に、欠陥抽出手段23は、ステップ # 7 8 において、濃淡欠陥抽出画像データ及び微分欠陥抽出画像データを画像信号記憶部19に保存する。

【0114】なお、欠陥抽出手段23は、上記同様に図7に示すマトリックスを絶対値差画像データ上に走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる画像値 (np とする) を取得する。

【0115】次に、欠陥抽出手段23は、絶対値差画像データ上の画像値 (np) と予め定められた2値化しきい値 (isp.Sth) とを比較し、 $np < \text{isp.Sth}$  であれば、欠陥ではないと判断して「0」を絶対値欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納し、かつ  $np \geq \text{isp.Sth}$  であれば、欠陥であると判断して画像値 (np) を絶対値欠陥抽出画像領域の座標 (x, y) に格納する。

【0116】以上のように濃淡欠陥抽出画像データ、微分欠陥抽出画像データ、絶対値欠陥抽出画像データを抽出すると、CPU部17は、これら画像データにおける抽出領域の特徴、すなわち抽出領域の総面積、最大領域の面積、最大領域の縦横比、抽出領域の総数を計測し、これらの特徴について予め定められた良否判別基準と比較して良否を判定する。

【0117】このように上記第1の実施の形態においては、複数の良品画像データに基づいて濃度差や形状差のばらつきに応じた基準画像データを生成し、この基準画像データと被検査画像データとの画像間演算を行ってその差画像データを抽出し、この差画像データと予め定め

られたしきい値とを比較して濃度の欠陥部分や形状の欠陥部分を抽出するので、微小パターンの形状検査を自動的に高精度に行うことができる。例えば、SEM画像に特有の二次電子画像の輝度分布むらや変動に左右されることなく、微小パターンの形状欠陥のみを抽出して検査でき、LSI、超LSIなどの半導体プロセスに適用した場合、製品の評価及び検査を容易かつ高精度に行うことができる。

【0118】なお、上記第1の実施の形態は、次の通り変形してもよい。

【0119】例えば、基準画像データの生成において図7に示すような近傍領域を注目画素の±1画素の領域としたが、これに限らず微小パターンの良品許容範囲の幅に応じて設定してよい。

【0120】又、基準画像データと被検査画像データとの比較のための位置合わせを示す図8では、位置決め移動幅をmx、myとも1としているが、これに限らず2枚の画像の位置ずれ量に合わせて移動量を設定してもよい。

【0121】又、位置決め微分二値画像データを用いているが、これに限らず微分画像データや濃淡画像データを2値化した画像データ、濃淡画像データそのものを位置決め用いてもよい。

【0122】又、測定試料9としてLSIパターンに限らず、μmオーダの測定であれば如何なる測定試料に対しても微小パターンの形状検査に適用できる。

【0123】さらに、差画像抽出手段22は、図12に示すフローチャートを実行するようにしてもよい。すなわち、差画像抽出手段22は、ステップ # 8 0 において、図10(a)に示すような濃淡の被検査画像データに対して上記同様に図7に示すマトリックスを走査し、このマトリックスの注目座標 (x, y) に当たる画像値 (p) を取得する。

【0124】次に、差画像抽出手段22は、ステップ # 8 1 において、図10(b)に示すような上限濃淡画像データの注目座標 (x, y) に位置合わせデータの座標 (dx, dy) を加えた座標 (x + dx, y + dy) の画像値 (max) を取得する。

【0125】次に、差画像抽出手段22は、ステップ # 8 2 において、濃淡の被検査画像データの画像値 (p) と上限濃淡画像データの画像値 (max) との差分  $\text{maxtemp} = p - \text{max}$  を濃度上限差 (maxtemp) として設定する。

【0126】次に、差画像抽出手段22は、ステップ # 8 3 において、下限濃淡画像データの注目座標 (x, y) に位置合わせデータの座標 (dx, dy) を加えた座標 (x + dx, y + dy) の画像値 (min とする) を取得する。

【0127】次に、差画像抽出手段22は、ステップ # 8 4 において、濃淡の被検査画像データの画像値 (p) と下限濃淡画像データの画像値 (min) との差分  $\text{mintemp}$

21

$= \min - p$  を濃度下限差 (mintemp) として設定する。

【0128】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#85において、濃度上限差 (maxtemp) と濃度下限差 (mintemp) とを加算し、濃淡差  $d = \maxtemp + \min temp$  を求め、濃淡差画像データ領域の座標 (x, y) に格納する。

【0129】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#86において、微分の被検査画像データの注目座標 (x, y) の画像値 (p とする) を取得する。

【0130】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#87において、上限微分画像データの注目座標 (x, y) に位置合わせデータの座標 (dx, dy) を加えた座標 (x + dx, y + dy) の画像値 (max とする) を取得する。

【0131】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#88において、微分の被検査画像データの画像値 (p) と上限微分画像データの画像値 (max) との差分  $\maxtemp = p - \max$  を微分上限差 (maxtemp) として設定する。

【0132】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#89において、下限微分画像データの注目座標 (x, y) に位置合わせデータの座標 (dx, dy) を加えた座標 (x + dx, y + dy) の画像値 (min とする) を取得する。

【0133】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#90において、微分の被検査画像データの画像値 (p) と下限微分画像データの画像値 (min) との差分  $\min temp = \min - p$  を微分下限差 (mintemp) として設定する。

【0134】次に、差画像抽出手段22は、ステップ#91において、上限微分値 (maxtemp) と下限微分値 (mintemp) とを加算し、微分差  $d = \maxtemp + \min temp$  を求め、微分差画像データ領域の座標 (x, y) に格納する。

【0135】以上により差画像抽出手段22は、濃淡差画像データ、微分差画像データを取得して画像信号記憶部19に保存する。

【0136】(2) 次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0137】図13は微小パターン形状検査装置の構成図である。

【0138】上記CPU部17は、指定されたアドレスの画像信号DISを画像信号記録部19から読み出し、この画像信号DISに対して各種画像処理を行う演算機能と記憶機能とを有するもので、特に検査領域設定手段30、濃度ピーク点列手段31、取得濃度データ手段32及び欠陥判定手段33の各機能を有している。

【0139】このうち検査領域設定手段30は、測定試料9上に形成されている微小パターンの形状、例えば図14及び図15に示すような半導体のレジスト穴パターン40に応じた湾曲状の検査領域、例えば図16に示す

22

ようなテーパー検査領域QをSEM本体部1で得られる画像データに対して設定する機能を有している。

【0140】ここで、テーパー検査領域Qは、楕円1と楕円2とから成るもので、これら楕円1及び楕円2の各パラメータは楕円1 (長径A1、短径B1)、楕円2 (長径A2、短径B2) となっており、基準となるレジスト穴パターン40のサイズのばらつき、形状歪み、パターンの位置合わせ誤差を考慮して、楕円1がレジスト穴パターン40を含むように、かつ楕円2がレジスト穴パターン40に含まれるように事前に設定される。

【0141】濃度ピーク点列手段31は、検査領域設定手段30で設定されたテーパー検査領域Qの湾曲方向を横切る部分、例えば図16に示すようにテーパー検査領域Qの各楕円を横切る各直線L1、L2、…、Lnを所定角度毎に設定し、これら直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布からそれぞれ各濃度ピーク位置を求めて図17に示すような濃度ピーク点列 (Xi, Yi) を取得する機能を有している。なお、i は1～Mである。

【0142】取得濃度データ手段32は、図18に示すように濃度ピーク点列手段31で求められた濃度ピーク点列 (Xi, Yi) に対して略垂直方向すなわち各直線Pi、Pi+1、…、で、かつ図19に示すようにピーク座標 (Xi+1, Yi+1) の濃度ピーク点を含む範囲 (以下、濃度データ取得範囲と称する) ±αでの濃度データを取得する機能を有している。

【0143】この取得濃度データ手段32は、濃度データ取得範囲±αをレジスト穴パターン40の凹凸状のダレ量、レジスト穴パターン40の歪み量、そのサイズ変動に応じて設定する機能を有している。

【0144】欠陥判定手段33は、取得濃度データ手段32で取得された各濃度データに対してそれぞれ所定の方向に輝度を加算し、この濃度加算値の最大、最小、平均、分散を演算して求め、これら最大、最小、平均、分散値と予め設定された良否判定基準とを比較してレジスト穴パターン40の良否を判定する機能を有している。

【0145】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0146】SEM本体部1の電子光学鏡筒3の下部には、例えばLSIなどの微小なレジスト穴パターン40が形成された半導体ウエハ等の測定試料9が設置される。

【0147】電子銃4から電子線束5から放出されると、この電子線束5は、上記第1の実施の形態と同様に、コンデンサレンズ6で縮小され、走査コイル7によりX-Y方向にラスタ走査され、さらに対物レンズ8で縮小されて測定試料9面に照射される。

【0148】この測定試料9面から放出される二次電子は、二次電子検出器10により検出されてその検出信号が増幅部14を通過して画像信号ISとして画像信号増幅器15に送られ、この画像信号増幅器15によりレジス

ト穴パターン40がCRT表示装置16で拡大表示される。

【0149】これと共に、画像信号15は、A/D変換部18によりA/D変換され、ラスタ走査及び走査線分割により例えば512×512画素に分割されて、それぞれのアドレスにおけるデジタル画像信号をIS (i, j: 但し i, j = 0, 1, 3, ... 512) とアドレス化する。画像信号記憶部19は、これらデジタル画像信号 (SEM画像) DISをアドレスごとに記憶する。

【0150】次に、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されたデジタル画像信号 (被検査画像データ) DISに対して演算機能を用いてレジスト穴パターン40の検査を行う。

【0151】上記図14及び図15はSEM本体部1で得られたレジスト穴パターン40の画像例であり、図14から図15の順番でレジスト穴パターン40の縁のレジスト形状のダレ (テーパー) が顕著となり、これによりSEM画像上での画像濃度に変化が生じている。

【0152】テーパーが正常な図14に示すSEM画像では穴縁部のテーパーを示す輝度が均一で幅も狭い。ところが、テーパーが異常となる図15に示すSEM画像では輝度の均一性も崩れ、幅も狭く、輝度自体も高くなっている。

【0153】このようなレジスト穴パターン40の穴テーパー検査では、穴縁のテーパーの状態を反映するSEM画像の穴縁部の輝度を正確に評価する。

【0154】まず、画像信号記憶部19に記憶された被検査画像データDIS中には、レジスト穴パターン40が複数存在するので、これらレジスト穴パターン40のうち計測するレジスト穴パターン40を選択し、その位置を特定する。

【0155】CPU部17は、図20に示す穴画像をテンプレート画像又は基準画像Sとして図14又は図15に示す被検査画像データDISとの正規化相互相関演算を行い、類似度が指定値以上の位置を図21の「+」に示すような穴パターン位置 (Cx, Cy) とする。

【0156】次に、CPU部17の検査領域設定手段30は、選択・位置特定されたレジスト穴パターン40の穴パターン位置 (Cx, Cy) を中心に、図16に示すテーパー検査領域Qの各楕円1、2を図22に示すようにレジスト穴パターン40に対して設定する。

【0157】次に、検査領域設定手段30は、レジスト穴パターン40に対して設定したテーパー検査領域Qにおいて、楕円1の内部でかつ楕円2の外側となる領域を検査領域として設定する。

【0158】次に、濃度ピーク点列手段31は、レジスト穴パターン40に対して設定したテーパー検査領域Qにおいて、例えば図16に示すように穴パターン40の中心 (Cx, Cy) から各楕円1、2を横切る各直線L1、

L2、...、Lnを所定角度毎に設定し、これら直線L1、L2、...、Ln上の各輝度分布を取得する。図23(a)~同図(c)はそれぞれ各直線L1、L2、...、Ln上の各輝度分布を示している。

【0159】次に、濃度ピーク点列手段31は、各直線L1、L2、...、Ln上の各輝度分布からそれぞれ各濃度ピーク位置を求め、図17に示すようなレジスト穴パターン40のテーパー部の濃度ピーク点列 (Xi, Yi) を取得する。

10 【0160】次に、取得濃度データ手段32は、濃度ピーク点列手段31で求められた濃度ピーク点列 (Xi, Yi) に対して略垂直方向、例えば図18に示すように濃度ピーク点列 (Xi, Yi) (Xi+1, Yi+1) (Xi+2, Yi+2) (Xi+3, Yi+3) で説明すると、各濃度ピーク点 (Xi, Yi) と (Xi+1, Yi+1) とを結ぶ傾きAiの直線Kiに対して垂直方向に交わる傾き1/Aiの直線Piを求める。

20 【0161】同様に、各濃度ピーク点 (Xi+1, Yi+1) と (Xi+2, Yi+2) とを結ぶ傾きAi+1の直線Ki+1に対して垂直方向に交わる傾き1/Ai+1の直線Pi+1を求める。さらに、各濃度ピーク点 (Xi+2, Yi+2) と (Xi+3, Yi+3) とを結ぶ傾きAi+2の直線Ki+2に対して垂直方向に交わる傾き1/Ai+2の直線Pi+2を求める。

【0162】以下、同様に、各濃度ピーク点 (XM-1, YM-1) と (XM, YM) とを結ぶ傾きAM-1の直線KM-1に対して垂直方向に交わる傾き1/AM-1の直線PM-1を求める。

30 【0163】次に、取得濃度データ手段32は、各直線Pi~PM-1でそれぞれ図19に示すように各ピーク座標 (Xi+1, Yi+1) ~ (XM-1, YM-1) の濃度ピーク点を含む濃度データ取得範囲±αでの濃度データを取得する。

【0164】このように濃度データ取得範囲±αをテーパー輝度のピーク座標より再設定することにより、レジスト穴パターン40のサイズ変動や形状歪みに左右されることなく、レジスト穴パターン40のテーパー部分の輝度情報を正確に取得できる。

40 【0165】図24は濃度データ取得範囲±αにおけるレジスト穴パターン40のテーパー部分の輝度情報を示す模式図であり、取得濃度データ手段32は、取得濃度データGi(n) (ここで、nは1~2×α+1) を展開・整列し、テーパー部の輝度画像を生成する。

【0166】次に、欠陥判定手段33は、取得濃度データ手段32で取得された各取得濃度データに対してそれぞれ所定の方向に輝度を加算し、この濃度加算値の最大、最小、平均、分散を演算して求める。

50 【0167】次に、欠陥判定手段33は、図25及び図26に示すように最大、最小、平均、分散値と予め設定された良否判定基準とを比較してレジスト穴パターン40の良否を判定する。

【0168】このように上記第2の実施の形態においては、レジスト穴パターン40の形状に応じたテーパー検査領域Qを被検査画像データDISに対して設定し、このテーパー検査領域Qを横切る各直線上の各輝度分布に基づいて濃度ピーク点列を求め、この濃度ピーク点列に対して略垂直方向でかつ濃度ピーク点を含む濃度データ取得範囲 $\pm \alpha$ での濃度データを取得し、この各濃度データに対して濃度加算値の最大、最小、平均、分散などを演算して求め、これら値と予め設定された良否判定基準とを比較してレジスト穴パターン40の良否を判定するよう

にしたので、多様な形状で変形や歪みのあるレジスト穴パターン40のテーパー部の欠陥部のみを抽出し、高精度で定量的にかつ検査を自動的に行うことができる。これにより、LSI、超LSIなどの半導体プロセスに適用した場合、製品の評価及び検査を容易かつ高精度に行うことができる。

【0169】なお、上記第2の実施の形態は、次の通り変形してもよい。

【0170】例えば、測定試料9としてはレジスト穴パターン40のように楕円に近い形状のものとしているが、これに限らずパターン形状の輪郭が閉曲線ならば凸体であつてもよい。又、パターン形状の輪郭が閉曲線でなければ、凸体の一部であるならば検査に適用できる。

【0171】又、テーパー部の濃度ピーク座標をテーパー部の指定範囲の輝度展開のみに利用したが、濃度ピーク座標の点列を使って測定試料9の幅W、高さH、縦横比H/W、周囲長P、面積S、真円度 $P^2 / (4\pi S)$ などを求め、測定試料9の形状評価つまり歪み評価に用いることができる。

【0172】又、測定試料9としてLSIパターンを例にとって説明したが、これに限らず $\mu m$ オーダの測定であれば如何なる測定試料に対しても微小パターンの形状検査に適用できる。

【0173】(3) 次に、本発明の第3の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図13と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0174】図27は微小パターン形状検査装置の構成図である。

【0175】上記CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶された被検査画像データDISを読み出し、これら被検査画像データDISから測定試料9上に形成されている微小パターンの形状、例えば半導体のレジスト穴パターン40の形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施し、一方、測定試料9上に形成されている複数の半導体のレジスト穴パターン40から選定された基準とするレジスト穴パターン40の形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施し、これらフィルタ処理された評価しようとする濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列

とを比較してレジスト穴パターン40の評価を行う機能を有するもので、検査領域設定手段30、濃度ピーク点列手段31、フィルタ処理手段50及び評価手段51の各機能を有している。

【0176】このうち検査領域設定手段30、濃度ピーク点列手段31及びフィルタ処理手段50は、第1と第2の形状処理手段を兼用して構成するもので、評価しようとするレジスト穴パターン40の形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すことにより第1の形状処理手段を構成し、基準とするレジスト穴パターン40の形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してフィルタ処理を施すことにより第2の形状処理手段を構成するものとなる。

【0177】ここで、検査領域設定手段30及び濃度ピーク点列手段31は、上記第3の実施の形態と同様の機能を有するもので、検査領域設定手段30は、評価しようとする半導体のレジスト穴パターン40又は標準のレジスト穴パターン40に応じた湾曲状の検査領域、例えば上記図16に示すようなテーパー検査領域QをSEM本体部1で得られる画像データに対して設定する機能を有している。

【0178】濃度ピーク点列手段31は、検査領域設定手段30により設定されたテーパー検査領域Qの湾曲方向を横切る部分、例えば図16に示すようにテーパー検査領域Qの各楕円を横切る各直線L1、L2、…、Lnを所定角度毎に設定し、これら直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布からそれぞれ各濃度ピーク位置を求めて図17に示すような濃度ピーク点列(Xi, Yi)を取得する機能を有している。

【0179】フィルタ処理手段50は、濃度ピーク点列手段31により取得された評価しようとする濃度ピーク点列(Xi, Yi)又は基準の濃度ピーク点列(Xi, Yi)に対してローパスフィルタ処理を施すもので、具体的には濃度ピーク点列(Xi, Yi)をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する機能を有している。

【0180】すなわち、濃度ピーク点列手段31により取得された各濃度ピーク点列(Xi, Yi)により得られるパターン形状は、SEM画像特有のノイズ、輝度変化による影響のためにそのパターン形状に微細な形状変動が含まれている。このような微細な形状変動は、パターン形状歪みを評価するうえに阻害する要因となるためにスペクトル処理により取り除き整形することが必要であり、このために濃度ピーク点列(Xi, Yi)に対してフィルタ処理を施す。

【0181】パターン形状のスペクトル処理について説明すると、図28に示すような閉曲線図形の形状は、図形の周辺に沿って測った長さmによって次のように表現することができる。

10

20

30

40

50



【0182】

$$x = f_x(t)$$

…(7)

$$y = f_y(t)$$

…(8)

ここで、 $0 \leq t \leq L$ 、又、 $f_x(0) = f_x(L)$ 、 $f_y(0) = f_y(L)$ であり、 $L$ は閉曲線を一周する長さである。

【0183】上記式(7)及び(8)は、閉曲線を一周する長さ $L$ を周期とする周期関数であるので、フーリエ級数に展開することができる。すなわち、 $f_x(t)$ 、 $f_y(t)$ のフーリエ級数展開によってフーリエ係数の集合(スペクトル)が得られる。このフーリエ係数の集合では、フーリエ係数の高次部分ほど図形の細部の形状についての情報が含まれている。

【0184】従って、フーリエ級数展開した後に適当な次数までの係数を用いて図形を復元することで微細な形状変動を除去することができる。この使用するフーリエ級数の係数の次数は、被検査画像データDISのS/Nなどによって実験的に決定される。

【0185】このうちフィルタ処理手段50によりフィルタ処理された基準の濃度ピーク点列( $X_i$ ,  $Y_i$ )は、CPU部17の指令によって基準形状登録部52に予め登録される。

【0186】評価手段51は、フィルタ処理手段50によってフィルタ処理、すなわちフーリエ級数展開した後に適当な次数までの係数を用いて図形を復元された評価しようとする濃度ピーク点列と基準形状登録部52から読み出した標準の濃度ピーク点列とを比較してレジスト穴パターン40の評価を行う機能を有している。

【0187】この評価手段51は、評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とを比較するとき、これら評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とによりそれぞれ形成される各パターンサイズの横幅が同じになるように、精度を必要とするときには各パターンサイズの縦横比が同じになるように調整する機能を有している。

【0188】又、評価手段51は、評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とを比較するとき、これら評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とを重ね合わせ、これら濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列との各パターン間のずれ量 $d$ の総和をレジスト穴パターン40の形状歪み評価値とする機能を有している。

【0189】ずれ量 $d$ の評価関数 $g$ では、微細なずれを無視するために、例えば

$$-\alpha < d < +\alpha \rightarrow g(d) = 0$$

となるような不感帯を設定するパラメータ $\pm \alpha$ を設定したり、又大きなずれを強調評価するために、

$$g(d) = g * g$$

又は

$$g(d) = \exp(g)$$

などの演算を実行している。

【0190】又、評価手段51は、レジスト穴パターン40の形状歪み評価値と予め設定された良否判別基準値とを比較し、レジスト穴パターン40の良否判定を行う機能を有している。

【0191】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0192】SEM本体部1の電子光学鏡筒3の下部には、例えばLSIなどの微小なレジスト穴パターン40が形成された半導体ウエハ等の測定試料9が設置される。

【0193】電子銃4から電子線束5から放出されると、この電子線束5は、上記第1の実施の形態と同様に、コンデンサレンズ6で縮小され、走査コイル7によりX-Y方向にラスタ走査され、さらに対物レンズ8で縮小されて測定試料9面に照射される。

【0194】この測定試料9面から放出される二次電子は、二次電子検出器10により検出されてその検出信号が増幅部14を通して画像信号ISとして画像信号増幅器15に送られ、この画像信号増幅器15によりレジスト穴パターン40がCRT表示装置16で拡大表示される。

【0195】これと共に、画像信号ISは、A/D変換部18によりA/D変換され、ラスタ走査及び走査線分割により例えば512×512画素に分割されて、それぞれのアドレスにおけるデジタル画像信号をIS

( $i, j$ :但し $i, j = 0, 1, 3, \dots, 512$ )とアドレス化する。画像信号記憶部19は、これらデジタル画像信号(SEM画像)DISをアドレスごとに記憶する。

【0196】次に、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されたデジタル画像信号(被検査画像データ)DISに対して演算機能を用いてレジスト穴パターン40のパターン形状の歪みの評価を行う。

【0197】上記図14及び図15はSEM本体部1で得られたレジスト穴パターン40の画像例であり、図14に示す小判型をしたレジスト穴パターン40を基準形状として選定した場合、図15に示すレジスト穴パターン40は、その穴の縁のレジスト形状の歪みが顕著となっている。

【0198】以下、図15に示すレジスト穴パターン40のレジスト形状の歪みの評価について説明する。

【0199】先ず、画像信号記憶部19に記憶された被検査画像データDIS中には、レジスト穴パターン40が複数存在するので、これらレジスト穴パターン40のうち基準とするレジスト穴パターン40を選択し、その位置を特定する。

【0200】CPU部17は、上記図20に示す穴画像をテンプレート画像又は基準画像Sとして図14又は図15に示す被検査画像データDISとの正規化相互相関演算を行い、類似度が指定値以上の位置を図21の「+」に示すような穴パターン位置(Cx, Cy)とする。

【0201】このとき、複数のレジスト穴パターン40の相対位置から画像の傾きがチェックされ、必要であれば傾き補正が行われる。

【0202】次に、CPU部17の検査領域設定手段30は、選択・位置特定された基準のレジスト穴パターン40の穴パターン位置(Cx, Cy)を中心に、図16に示すテーパー検査領域Qの各楕円1、2を図22に示すようにレジスト穴パターン40に対して設定し、このテーパー検査領域Qにおいて、楕円1の内部でかつ楕円2の外側となる領域を検査領域として設定する。

【0203】次に、濃度ピーク点列手段31は、基準のレジスト穴パターン40に対して設定したテーパー検査領域Qにおいて、例えば図16に示すように穴パターン40の中心(Cx, Cy)から各楕円1、2を横切る各直線L1、L2、…、Lnを所定角度毎に設定し、上記図23(a)~同図(c)に示すように各直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布を取得する。

【0204】次に、濃度ピーク点列手段31は、各直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布からそれぞれ各濃度ピーク位置を求め、上記図17に示すような基準とするレジスト穴パターン40のテーパー部の濃度ピーク点列(Xi, Yi)を取得する。

【0205】次に、フィルタ処理手段50は、濃度ピーク点列手段31により取得された基準の濃度ピーク点列(Xi, Yi)に対してローパスフィルタ処理、すなわち濃度ピーク点列(Xi, Yi)をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する。このとき使用するフーリエ級数の係数の次数は、被検査画像データDISのS/Nなどによって実験的に決定される。

【0206】図29(a)(b)(c)はそれぞれ基準の濃度ピーク点列(Xi, Yi)の原形状、高次スペクトル(10次まで)による形状復元、低次スペクトル(2次まで)による形状復元を示す模式図である。これら図から分かるように高次スペクトルによる形状復元では、濃度ピーク点列(Xi, Yi)の原形状に近い形状が復元され、低次スペクトルによる形状復元では、濃度ピーク点列(Xi, Yi)の原形状からずれて楕円に近い形状で復元される。このような形状復元があるので、フーリエ級数の係数の次数は、被検査画像データDISのS/Nなどによって実験的に決定される。

【0207】このように濃度ピーク点列(Xi, Yi)に対してフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元することにより、SEM画像特

有のノイズ、輝度変化による影響のために含まれる微細な形状変動が取り除かれて整形される。

【0208】このようにフィルタ処理手段50によりローパスフィルタ処理された基準の濃度ピーク点列(Xi, Yi)は、CPU部17の指令によって基準形状登録部52に予め登録される。

【0209】一方、画像信号記憶部19に記憶された被検査画像データDIS中に存在する複数のレジスト穴パターン40から評価しようとするレジスト穴パターン40が選択され、その位置が特定される。

【0210】CPU部17は、上記図20に示す穴画像をテンプレート画像又は基準画像Sとして図14又は図15に示す被検査画像データDISとの正規化相互相関演算を行い、類似度が指定値以上の位置を図21の「+」に示すような穴パターン位置(Cx, Cy)とする。

【0211】このとき、複数のレジスト穴パターン40の相対位置から画像の傾きがチェックされ、必要であれば傾き補正が行われる。

【0212】次に、CPU部17の検査領域設定手段30は、選択・位置特定された評価しようとするレジスト穴パターン40の穴パターン位置(Cx, Cy)を中心に、図16に示すテーパー検査領域Qの各楕円1、2を図22に示すようにレジスト穴パターン40に対して設定し、このテーパー検査領域Qにおいて、楕円1の内部でかつ楕円2の外側となる領域を検査領域として設定する。

【0213】次に、濃度ピーク点列手段31は、評価しようとするレジスト穴パターン40に対して設定したテーパー検査領域Qにおいて、例えば図16に示すように穴パターン40の中心(Cx, Cy)から各楕円1、2を横切る各直線L1、L2、…、Lnを所定角度毎に設定し、上記図23(a)~同図(c)に示すように各直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布を取得する。

【0214】次に、濃度ピーク点列手段31は、各直線L1、L2、…、Ln上の各輝度分布からそれぞれ各濃度ピーク位置を求め、上記図17に示すような基準とするレジスト穴パターン40のテーパー部の濃度ピーク点列(Xi, Yi)を取得する。

【0215】次に、フィルタ処理手段50は、濃度ピーク点列手段31により取得された評価しようとする濃度ピーク点列(Xi, Yi)に対してローパスフィルタ処理、すなわち濃度ピーク点列(Xi, Yi)をフーリエ級数展開し、所定の次数までのフーリエ係数を用いて形状復元する。

【0216】図30(a)(b)(c)はそれぞれ評価しようとする濃度ピーク点列(Xi, Yi)の原形状、高次スペクトル(10次まで)による形状復元、低次スペクトル(2次まで)による形状復元を示す模式図である。これら図から分かるように高次スペクトルによる形状復元は、濃度ピーク点列(Xi, Yi)の原形状に近い形状

に復元されるが、低次スペクトルによる形状復元は、濃度ピーク点列 ( $X_i, Y_i$ ) の原形状からずれて楕円に近い形状で復元されてしまう。

【0217】次に、評価手段51は、フィルタ処理手段50によってフーリエ級数展開した後に適当な次数までの係数を用いて図形を復元された評価しようとする濃度ピーク点列を受けるとともに、予め基準形状登録部52に登録されている基準の濃度ピーク点列を読み出し、これら評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とを比較するに、これら評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とによりそれぞれ形成される各パターンサイズの縦横比が同じになるように調整する。

【0218】なお、評価手段51は、基準形状登録部52に登録されている複数の基準の濃度ピーク点列の中から最適なフーリエ級数の係数の次数、例えば10次で復元した基準の濃度ピーク点列を読み出す。

【0219】次に、評価手段51は、評価しようとする濃度ピーク点列と基準の濃度ピーク点列とを合わせ、これら濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列との各パターン間のずれ量  $d$  の総和をレジスト穴パターン40の形状歪み評価値とする。

【0220】このとき、上記の如くずれ量  $d$  の評価関数  $g$  では、微細なずれを無視するために、例えば  $-\alpha < d < +\alpha \rightarrow g(d) = 0$  となるような不感帯を設定するパラメータ  $\pm \alpha$  を設定したり、又大きなずれを強調評価するために、 $g(d) = g * g$  又は  $g(d) = \exp(q)$  などの演算を実行している。

【0221】次に、評価手段51は、レジスト穴パターン40の形状歪み評価値と予め設定された良否判別基準値とを比較し、レジスト穴パターン40の良否判定を行う。

【0222】このように上記第3の実施の形態においては、レジスト穴パターン40の形状に応じたテーパー検査領域  $Q$  内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対してローパスフィルタ処理すなわちフーリエ級数展開した後に適当な次数までの係数を用いて図形を復元し、基準とする微小パターンの形状に応じた検査領域内の輝度分布に基づいて求められる濃度ピーク点列に対して同様にフーリエ級数展開した後に適当な次数までの係数を用いて図形を復元し、これらローパスフィルタ処理された評価しようとする濃度ピーク点列と基準とする濃度ピーク点列とを比較してレジスト穴パターン40の評価を行うようにしたので、レジスト穴パターン40の形状の歪みを定量的に形状歪み評価値として検出することができ、かつこの形状歪み評価値を予め設定された良否判別基準値と比較することでレジスト穴パターン40の良否判定を行うことができる。

【0223】この場合、濃度ピーク点列に対してローパスフィルタ処理すなわちフーリエ級数展開した後に適当

な次数までの係数を用いて図形を復元するときのフーリエ級数の係数の次数は、被検査画像データ  $DIS$  の  $S/N$  などによって実験的に決定されるので、濃度ピーク点列手段31により取得された各濃度ピーク点列 ( $X_i, Y_i$ ) により得られるパターン形状には、SEM画像特有のノイズ、輝度変化による影響のためにそのパターン形状に微細な形状変動が含まれているが、このような微細な形状変動を取り除き整形し、パターン形状歪みを評価するうえに阻害となる要因をなくして高精度に評価できる。

【0224】従って、LSI、超LSIなどの半導体プロセスの検査に適用すれば、これらLSIや超LSIなどの半導体素子の評価及び検査を容易かつ高精度に行うことができる。

【0225】なお、上記第3の実施の形態は、次の通り変形してもよい。

【0226】例えば、測定試料9としてはレジスト穴パターン40のように楕円に近い形状のものとしているが、これに限らずパターン形状の輪郭が閉曲線ならば準凸体であつてもよい。又、パターン形状の輪郭が閉曲線でなければ、凸体の一部であるならば検査に適用できる。

【0227】又、測定試料9としてLSIパターンを例にとって説明したが、これに限らず  $\mu m$  オーダの測定であれば如何なる測定試料に対しても微小パターンの形状検査に適用できる。

【0228】(4) 次に、本発明の第4の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0229】図31は微小パターン形状検査装置の構成図である。

【0230】上記CPU部17は、指定されたアドレスの画像信号  $DIS$  を画像信号記録部19から読み出し、この画像信号  $DIS$  に対して各種画像処理を行う演算機能と記憶機能とを有するもので、特に平滑化手段60、差分波形手段61、第1の幅計測手段62及び第2の幅計測手段63の各機能を有している。

【0231】このうち平滑化手段60は、SEM本体部1によってLSI等に形成された微小パターンを撮影して得られた画像信号  $I$  に対して複数の平滑化サイズで波形の平滑化を行う機能を有している。

【0232】差分波形手段61は、平滑化手段60により得られる平滑化サイズの異なる各平滑化波形データの差分波形データを求める機能を有している。

【0233】第1の幅計測手段62は、差分波形手段61により求められた差分波形データとこの差分波形データを求めるのに差分波形手段61で用いた各平滑化波形データとに基づいて微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔を微小パターンの線幅として求める機能を有している。

10

20

30

40

50

【0234】第2の幅計測手段63は、電子線束5の径による畳み込みによるボケ量以上の平滑化サイズで求めた微小パターンの線幅の系列からその回帰曲線を求め、この回帰曲線の平滑化サイズがゼロの位置の値から電子線束5の径がゼロのときの微小パターンの線幅を求める機能を有している。

【0235】次に上記の如く構成された装置の作用について説明する。

【0236】SEM本体部1の電子光学鏡筒3の下部には、例えばLSIなどの微小パターンが形成された半導体ウエハ等の測定試料9が設置される。

【0237】電子銃4から電子線束5から放出されると、この電子線束5は、上記第1の実施の形態と同様に、コンデンサレンズ6で縮小され、走査コイル7によりX-Y方向にラスタ走査され、さらに対物レンズ8で縮小されて測定試料9面に照射される。

【0238】この測定試料9面から放出される二次電子は、二次電子検出器10により検出されてその検出信号が増幅部14を通して画像信号ISとして画像信号増幅器15に送られ、この画像信号増幅器15により微小パターンがCRT表示装置16で拡大表示される。

【0239】これと共に、画像信号ISは、A/D変換部18によりA/D変換され、ラスタ走査及び走査線分割により例えば512×512画素に分割されて、それぞれのアドレスにおけるデジタル画像信号をIS(i, j; 但しi, j=0, 1, 3, ..., 512)とアドレス化する。画像信号記憶部19は、これらデジタル画像信号(SEM画像)DISをアドレスごとに記憶する。

【0240】次に、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されたデジタル画像信号(被検査画像データ)

$$P_1(i) = \left( \sum_{j=1-(n-1)/2}^{j=1+(n-1)/2} x(j) \right) / n$$

i < (N-1)/2 又は i > 511 - (n-1)/2 のとき

$P_1(i) = 0$

である。

【0245】なお、図33(a)~(e)は10種類の平滑化波形p1(i)~p10(i)のうち平滑化波形p1(i)~p5(i)を示している。

【0246】次に、差分波形手段61は、平滑化手段60により得られる平滑化サイズの異なる2つの波形を選びその差分、つまり

平滑化サイズ小の波形-平滑化サイズ大の波形

を求め、以下に示すような各差分波形データS13~S81※

$$S_{1k(i)} = p_1(i) - p_k(i)$$

0)

i < (k-1)/2 又は i > 511 - (k-1)/2 のとき

\*タ) DISに対して演算機能を用いて微小パターンの寸法測定を行う。

【0241】まず、CPU部17は、画像信号記憶部19に記憶されている被検査画像データDISを読み出す。

【0242】次に、平滑化手段60は、CPU部17により読み出された図32に示すような被検査画像データDISに基づき、SEM本体部1によってLSI等に形成された微小パターンを撮影して得られた1ラインの画像信号ISに対して複数の平滑化サイズで波形の平滑化を行う。

【0243】具体的に1ラインの画像信号を波形x(i) (ここでi=0, ..., 511)とする。平滑化手段60は、1ラインの画像信号を波形x(i)に対して複数の平滑化サイズで波形の平滑化を行い、これら平滑化サイズに対応した例えば10種類の平滑化波形p1(i)~p10(i)を得る。

【0244】

平滑化波形p1(i)	平滑化サイズn=3
平滑化波形p2(i)	平滑化サイズn=7
平滑化波形p3(i)	平滑化サイズn=11
平滑化波形p4(i)	平滑化サイズn=15
平滑化波形p5(i)	平滑化サイズn=19
平滑化波形p6(i)	平滑化サイズn=23
平滑化波形p7(i)	平滑化サイズn=27
平滑化波形p8(i)	平滑化サイズn=31
平滑化波形p9(i)	平滑化サイズn=35
平滑化波形p10(i)	平滑化サイズn=39
ここで、i = (n-1)/2, ..., 511 - (n-1)/2 のとき、	

... (9)

※を得る。

【0247】

差分波形S13(i)	p1(i) - p3(i)
差分波形S24(i)	p2(i) - p4(i)
差分波形S35(i)	p3(i) - p5(i)
差分波形S46(i)	p4(i) - p6(i)
差分波形S57(i)	p5(i) - p7(i)
差分波形S68(i)	p6(i) - p8(i)
差分波形S79(i)	p7(i) - p9(i)
差分波形S81(i)	p8(i) - p10(i)

ここで、平滑化サイズk > 1とすると、i = (k-1)/2, ..., 511 - (k-1)/2 のとき、

... (1)

$S_{1k(i)} = 0$

である。

【0248】なお、図34(a)～同図(c)はこれら差分波形データS13～S81のうち差分波形データS13、S24、S35を示している。

【0249】又、図35は各平滑化波形p1(i)～p10(i)と各差分波形データS13～S81との関係を示している。

【0250】次に、第1の幅計測手段62は、差分波形手段61により求められた差分波形データS13～S81と、これら差分波形データS13～S81を求めるのに差分波形手段61で用いた各平滑化波形データp1(i)～p10\*10

$$(L_{\max} - L_{\min}) / 2$$

の値をとる位置Phを検索する。

$$\alpha = \text{半値幅} \times 2$$

として、

$$A = P_{\max} - \alpha$$

を求め、 $\beta = \alpha \times 25\%$ として、

$$B = P_{\max} - \beta$$

を求める。

【0254】このようにして求められた差分波形データS1k(i)のA、B間の最小値をとる位置Cを求める。そして、AC間を曲線近似して左ピーク位置PeakLを求める。この左ピーク位置PeakLは、サイズ小の平滑化波形データp1(i)の微小パターン、下地境界位置（微小パターンの左側の縁部）に対応している。

$$W_{1k} = | \text{PeakL} - \text{PeakR} |$$

を求める。

【0257】一方、デフォーカスの状態の二次電子画像から電子線束5のビーム径0時の微小パターンベース幅の寸法の計測について説明する。

【0258】第2の幅計測手段63は、全ての差分波形データS13～S81について上記同様に、それぞれの平滑化サイズに対応した微小パターンベース幅の寸法、例えばW13、W24、W35、W46、W57、W68、W79、W81を計測する。

【0259】図37に示すようにシャストフォーカス時の波形に対して微小パターンベース幅W1kを求めた場合、この微小パターンベース幅W1kは、平滑化サイズが大きくなるに従って大きくなっていく。

【0260】但し、この場合、物理的に電子線束5のビーム径はゼロとはできないため、微小パターンのビーム径による畳み込みにより、平滑化サイズがゼロであってもビーム径分のボケが画像に発生し（物理的な解像度限界）、図37上のジャストフォーカス時の原波形線幅（ビーム径≠0）「△」に示すように原パターン幅よりも大きい値をとることになる。同様な現象は、デフォーカス時により顕著に現れる。フォーカスずれが大きいほどパターンに畳み込まれるビーム径が大きくなるため、図37上のフォーカスずれ時の線幅（ビーム径大）「□」に示すようなパターン線幅と波形平滑化サイズとの関係となる。

\* (i)とに基づいて微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔を微小パターンの線幅として求める。

【0251】具体的に図36に示すサイズ小の平滑化波形データp1(i)、サイズ大の平滑化波形データp1k(i)及び差分波形データS1k(i)を用いて説明すると、サイズ大の平滑化波形データp1k(i)の左側ピーク値Lmax（位置Pmax）と最小値Lmin（位置Pmin）を求める。

【0252】次に、平滑化波形データp1k(i)の左側ピーク値Lmaxから図中左方向へ

$$\cdots (11)$$

※ ※ 【0253】半値幅 | Pmax - Pmin | から

$$\cdots (12)$$

$$\cdots (13)$$

$$\cdots (14)$$

★ 【0255】以上と同様にして右ピーク位置PeakR（微小パターンの右側の縁部）を求める。

20 【0256】しかし、第1の幅計測手段62は、左ピーク位置PeakLと右ピーク位置PeakRとを用いて平滑化波形データp1k(i)の微小パターンベース幅の寸法（線幅）W1k

$$\cdots (15)$$

【0261】そこで、微小パターンベース幅W1kの系列からビーム径0時のパターン幅を求める。ビーム径による畳み込みによるボケ量以上の平滑化サイズで求めたパターン幅の系列、図37では微小パターンベース幅の寸法W68、W79、W81から回帰曲線を求め、この回帰曲線の平滑化サイズがゼロの位置の値を計算することで図37に示すビーム径0時のパターン幅「○」を求めることができる。回帰曲線の次数は実験により求めるもので、この実施の形態では1次としている。

【0262】これにより、デフォーカス、ジャストフォーカス画像からビーム径0時の物理的な解像度限界以上の精度でパターン幅を測定できる。

【0263】このように上記第4の実施の形態においては、微小パターンを撮影して得られた画像信号における微小パターンの輪郭部分に対応する両側の各縁部を求め、これら縁部の間隔から微小パターンの線幅を求めるようにしたので、下地部分の不安定な濃度部分によらず安定した微小パターンのテーバ部の濃度分布のみから微小パターンの寸法測定を自動的に高精度に行うことができる。平滑化サイズが小さい差分波形例えば差分波形データS13のみから微小パターンベース幅を求めるだけでも寸法計測の繰り返し再現性が向上する。

【0264】さらに、電子線束5の径による畳み込みによるボケ量以上の平滑化サイズで求めた微小パターンの線幅の系列からその回帰曲線を求め、この回帰曲線の平

滑化サイズがゼロの位置の値から電子線束5の径がゼロのときの微小パターンの線幅を求めるので、ディフォーカス、ジャストフォーカス画像からビーム径0時の物理的な解像度限界以上の精度でパターン幅を測定できる。

【0265】従って、LSI、超LSIなどの半導体プロセスに適用した場合、製品の評価及び検査を容易かつ高精度に行うことができる。

【0266】なお、上記第4の実施の形態は、次の通り変形してもよい。

【0267】例えば、波形データの平滑化を上記式(7)を用いて行ったが、これに限らず電子線束5の電子密度形状に対応した平滑化を行ってもよい。例えば、電子線束5の電子密度形状が正規分布に従うならば、ガウシアンフィルタを用いるのが適切である。同様に平滑化を上記第4の実施の形態のように時間領域で行わず、フーリエ変換後に周波数領域で行い、逆フーリエ変換してもよい。

【0268】又、上記第4の実施の形態では、平滑化波形数、平滑化サイズ、差分波形数、差分間隔を特定の数としているがこれに限定されるものでない。平滑化波形数、差分波形数を多くすることでパターン幅の推定値をより高精度に求めることができる。平滑化サイズ、差分間隔についても上記第3の実施の形態では、等間隔であったが、間隔が既知であれば等間隔である必要はない。

【0269】又、ビーム径0時のパターン幅推定にのみ注目すれば、各々の平滑化波形からパターン幅を求める部分については、他の方法を用いてもよい。例えば、差分波形を用いなくて、平滑化波形のパターンテーパ部、下地部各々を直線近似して、その交点（左右の）からパターン幅を求めてもよい。

【0270】又、上記第4の実施の形態では、横方向のパターン幅の寸法計測について説明したが、縦、斜めなどの方向のパターン幅計測に対しても、電子線束5の走査方向を変えることで対応できる。電子線束5の走査方向を変えずに、1ライン波形データの取得方向を変えることでも対応できる。

【0271】又、上記第4の実施の形態では、パターンベース幅を求めたが、これに限らず得られた波形データに下地部（平面部）とテーパ部とがあれば、パターンピッチ、パターントップ幅などを求めることができる。

【0272】さらに、波形データとして1ラインのデータを用いたが、複数ラインの任意の積算データを対象としてもよい。

【0273】又、測定試料9としてLSIパターンを例にとって説明したが、これに限らず $\mu\text{m}$ オーダの測定であれば如何なる測定試料に対しても微小パターンの形状検査に適用できる。

【0274】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、精度高く微小パターンの検査ができる微小パターン形状検

査方法及びその装置を提供できる。

【0275】又、本発明によれば、微小パターンの形状検査を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供できる。

【0276】又、本発明によれば、多様な形状で変形や歪みのある微小パターンのテーパ部の形状検査を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供できる。

【0277】又、本発明によれば、微小パターンの形状歪みを自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供できる。

【0278】又、本発明によれば、微小パターンの寸法測定を自動的に高精度に行うことができる微小パターン形状検査方法及びその装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる微小パターン形状検査装置の第1の実施の形態を示す全体構成図。

【図2】同装置における検査機能メインフローチャート。

【図3】同装置における基準画像生成フローチャート。

【図4】同装置における基準画像生成手段により作成される基準画像データのうち上限濃淡画像データ及び下限濃淡画像データを示す模式図。

【図5】同装置における差画像取得フローチャート。

【図6】同装置における欠陥抽出フローチャート。

【図7】同装置における基準画像生成手段で使用するマトリックスの模式図。

【図8】同装置で生成される基準平均微分2値化画像データ及び被検査微分2値化画像データの模式図。

【図9】同装置における精密位置合わせフローチャート。

【図10】同装置で用いられる被検査画像データ及び上限濃淡画像データの模式図。

【図11】同装置により求められる濃淡差画像データの作用を示す模式図。

【図12】同装置における差画像取得の別の例のフローチャート。

【図13】本発明に係わる微小パターン形状検査装置の第2の実施の形態を示す全体構成図。

【図14】同装置のSEM本体部で得られる半導体の穴パターンの画像を示す図。

【図15】同装置のSEM本体部で得られる半導体の穴パターンの画像を示す図。

【図16】同装置により半導体の穴パターンの画像に設定するテーパ検査領域を示す模式図。

【図17】同装置によりテーパ検査領域を横切る各直線上の各輝度分布から得られる濃度ピーク点列を示す模式図。

【図18】同装置における取得濃度データ手段での濃度データ取得の作用を示す図。



【図19】同装置における取得濃度データ手段での濃度データ取得範囲を示す模式図。

【図20】同装置におけるレジスト穴パターン40を選択・位置特定のための基準画像を示す模式図。

【図21】同装置により基準画像で特定された穴パターン位置を示す模式図。

【図22】同装置におけるテーパー検査領域の各楕円をレジスト穴パターンに対して設定した模式図。

【図23】同装置でレジスト穴パターンに設定したテーパー検査領域を横切る各直線上の各輝度分布を示す模式図。

【図24】同装置における濃度データ取得範囲におけるレジスト穴パターンのテーパー部分の輝度情報を示す模式図。

【図25】同装置における欠陥判定手段の判定作用を示す図。

【図26】同装置における欠陥判定手段の判定作用を示す図。

【図27】本発明に係わる微小パターン形状検査装置の第3の実施の形態を示す全体構成図。

【図28】同装置におけるパターン形状のスペクトル処理について説明するための図。

【図29】同装置により求められる基準の濃度ピーク点列の原形状、高次スペクトルによる形状復元、低次スペクトルによる形状復元を示す模式図。

【図30】同装置により求められる評価しようとする濃度ピーク点列の原形状、高次スペクトルによる形状復元、低次スペクトルによる形状復元を示す模式図。

【図31】本発明に係わる微小パターン形状検査装置の第4の実施の形態を示す全体構成図。

【図32】同装置のSEM本体部1により撮影された1ラインの画像信号を示す図。

【図33】同装置の平滑化手段により得られる平滑化波形の模式図。

【図34】同装置の差分波形手段により得られる差分波形の模式図。

【図35】同装置により得られる各平滑化波形と各差分波形データとの関係を示す図。

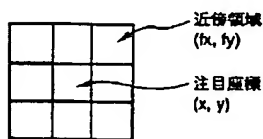
\*【図36】同装置による微小パターンの線幅の計測作用を説明するための模式図。

【図37】同装置によるデフォーカスの状態の二次電子画像から電子線束のビーム径0時の微小パターンベース幅の寸法計測の作用を説明するための模式図。

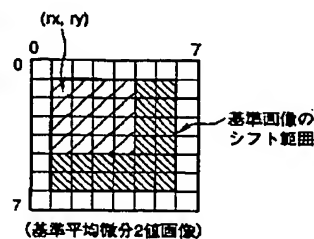
【符号の説明】

- 1: SEM本体部、
- 2: パターン検査部、
- 3: 電子光学鏡筒、
- 4: 電子銃、
- 6: コンデンサレンズ、
- 7: 走査コイル、
- 8: 対物レンズ、
- 9: 測定試料、
- 10: 二次電子検出器、
- 11: 基準信号発生部、
- 12: 掃引信号発生部、
- 15: 画像信号増幅器、
- 16: CRT表示装置、
- 17: CPU部、
- 18: A/D変換部、
- 19: 画像信号記憶部、
- 20: D/A変換部、
- 21: 基準画像生成手段、
- 22: 差画像抽出手段、
- 23: 欠陥抽出手段、
- 30: 検査領域設定手段、
- 31: 濃度ピーク点列手段、
- 32: 取得濃度データ手段、
- 33: 欠陥判定手段、
- 40: レジスト穴パターン、
- 50: フィルタ処理手段、
- 51: 評価手段、
- 52: 基準形状登録部、
- 60: 平滑化手段、
- 61: 差分波形手段、
- 62: 第1の幅計測手段、
- 63: 第2の幅計測手段。

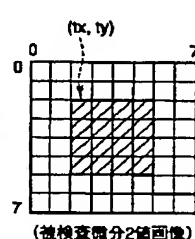
【図7】



【図8】

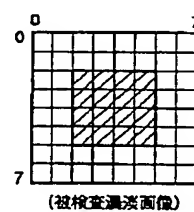


(a)

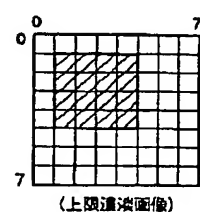


(b)

【図10】

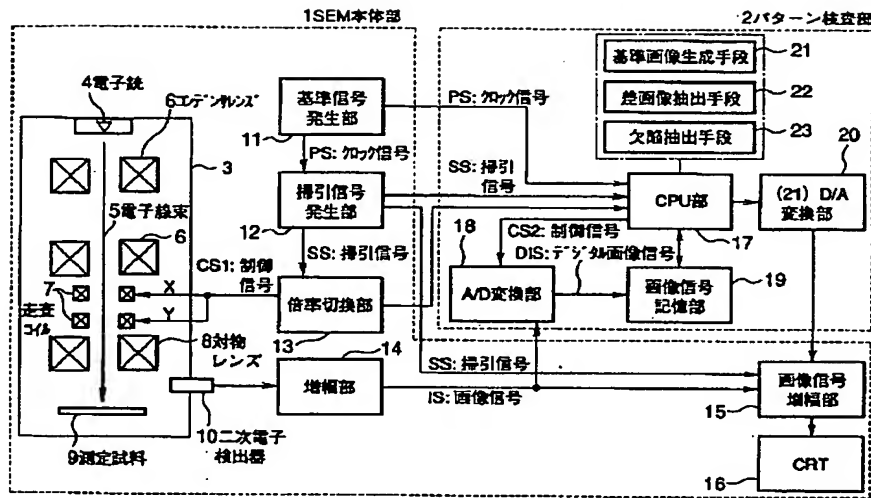


(a)

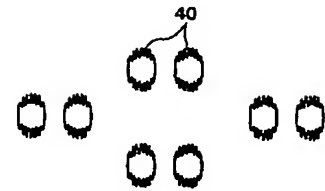


(b)

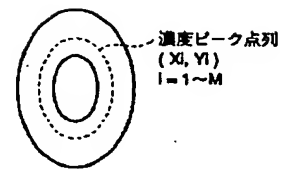
【図1】



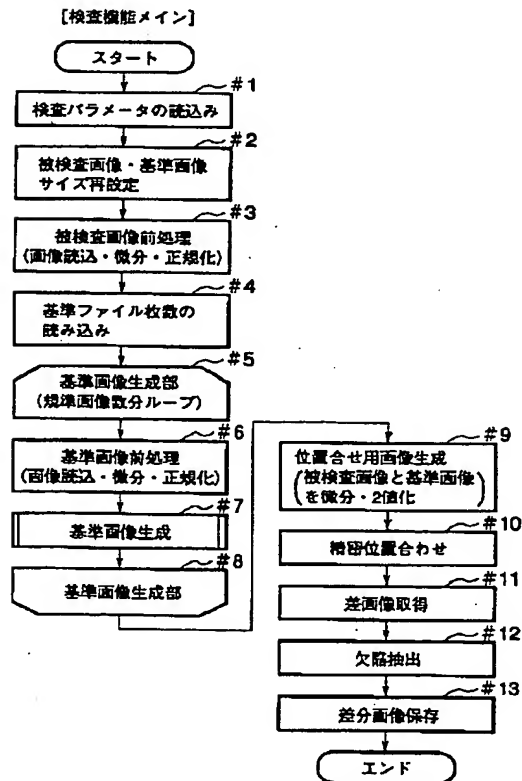
【図15】



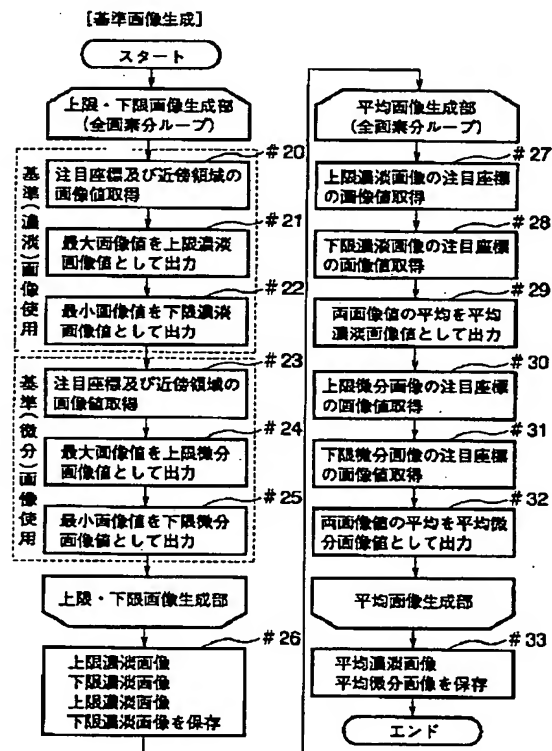
【図17】



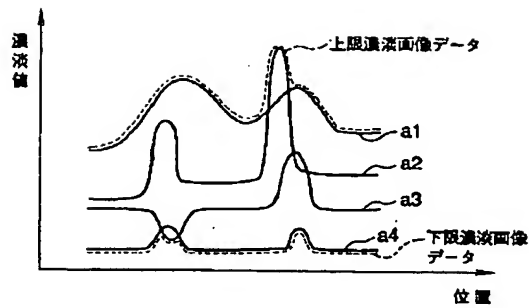
【図2】



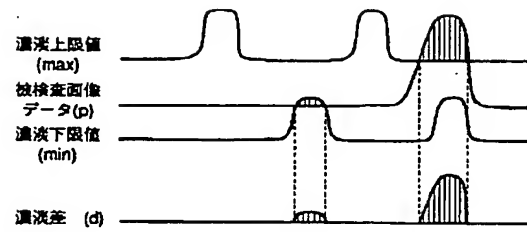
【図3】



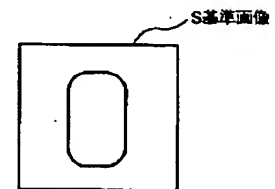
【図4】



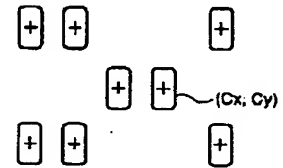
【図11】



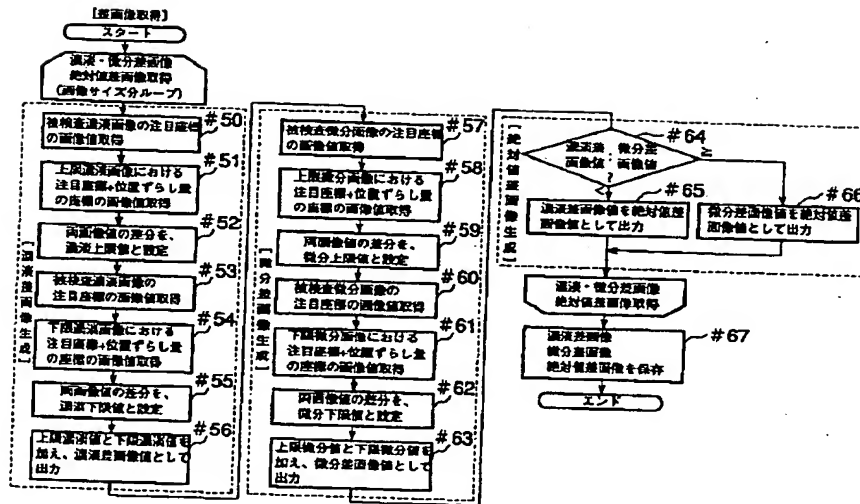
【図20】



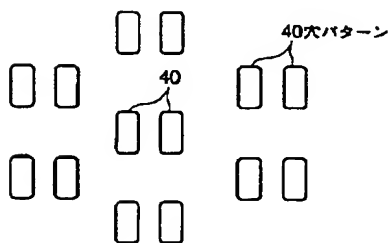
【図21】



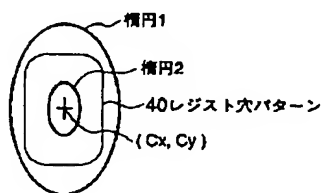
【図5】



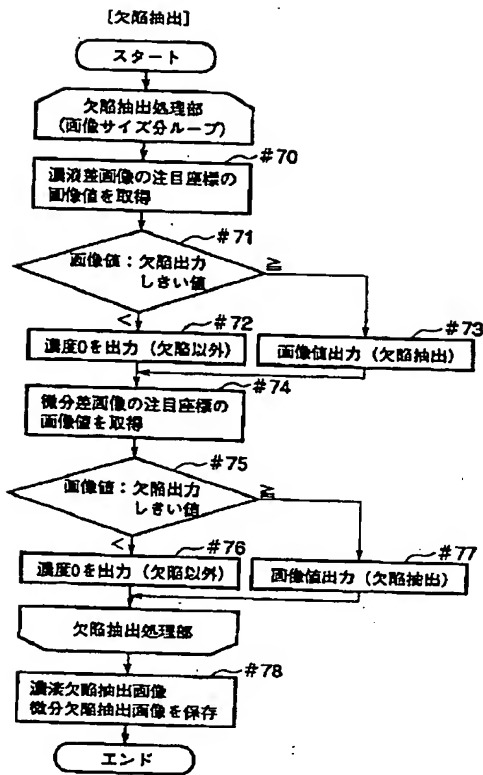
【図14】



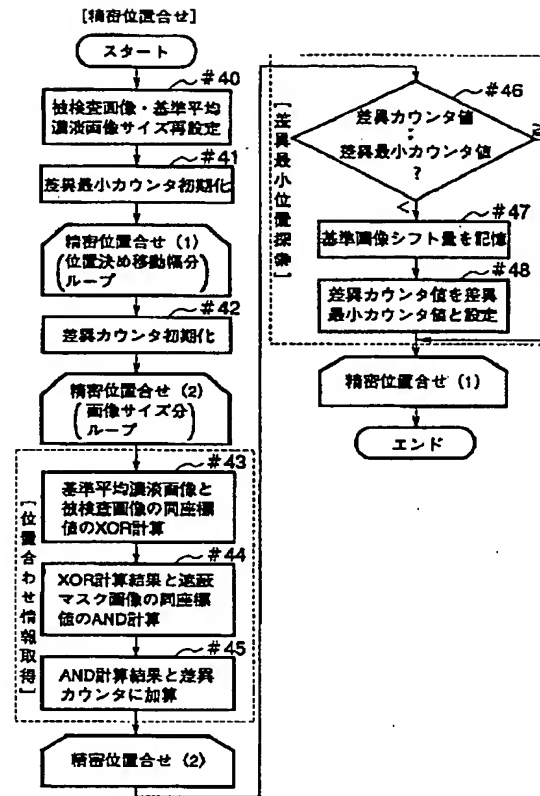
【図22】



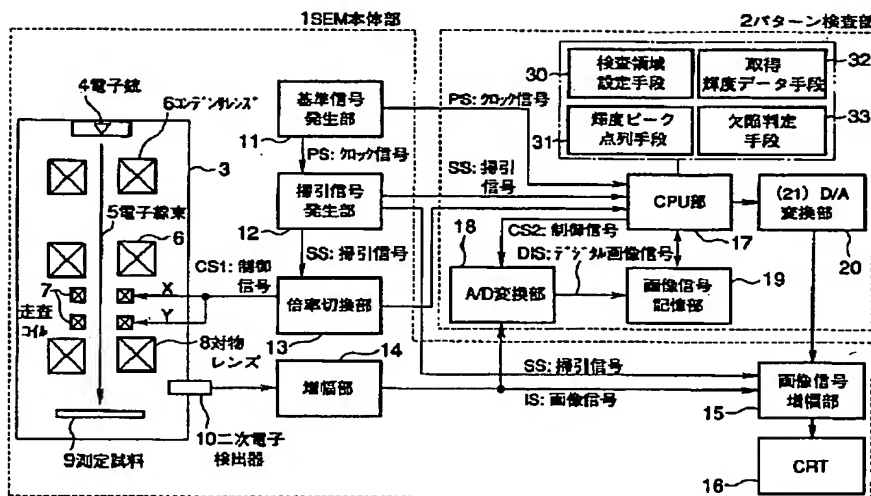
【図6】



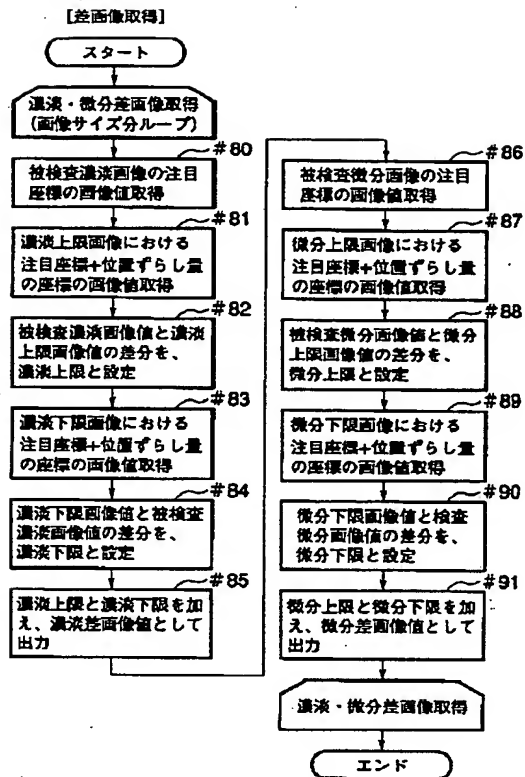
【図9】



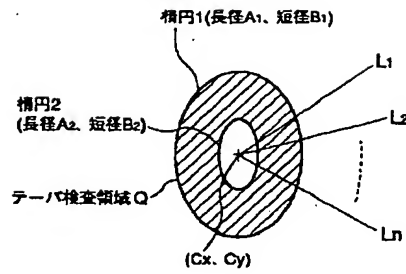
【図13】



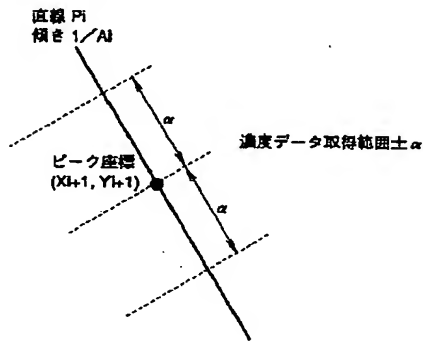
【図12】



【図16】

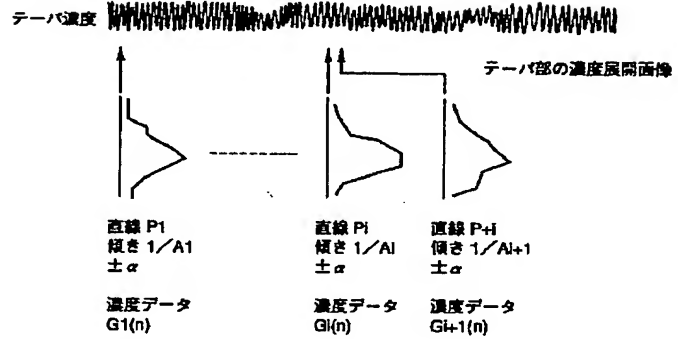
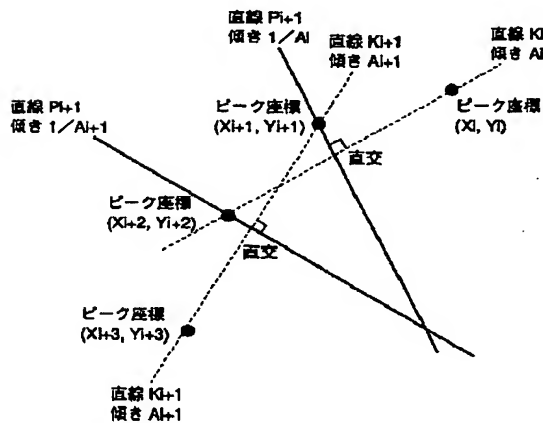


【図19】

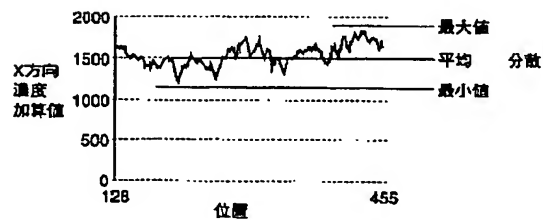


【図24】

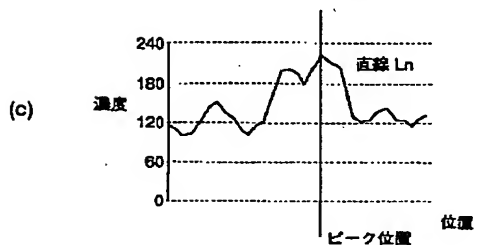
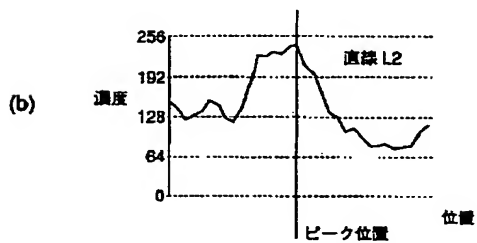
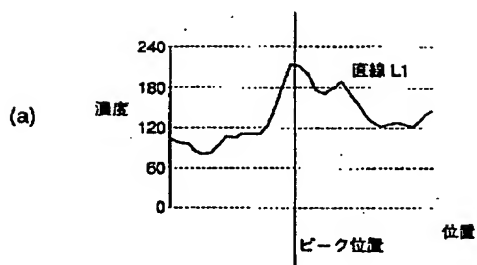
【図18】



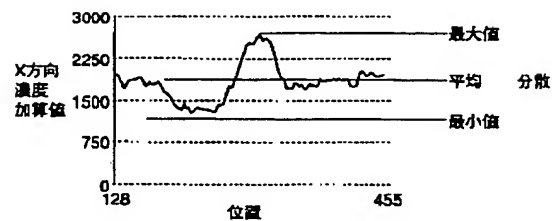
【図25】



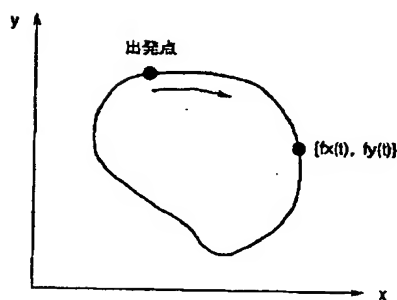
【図23】



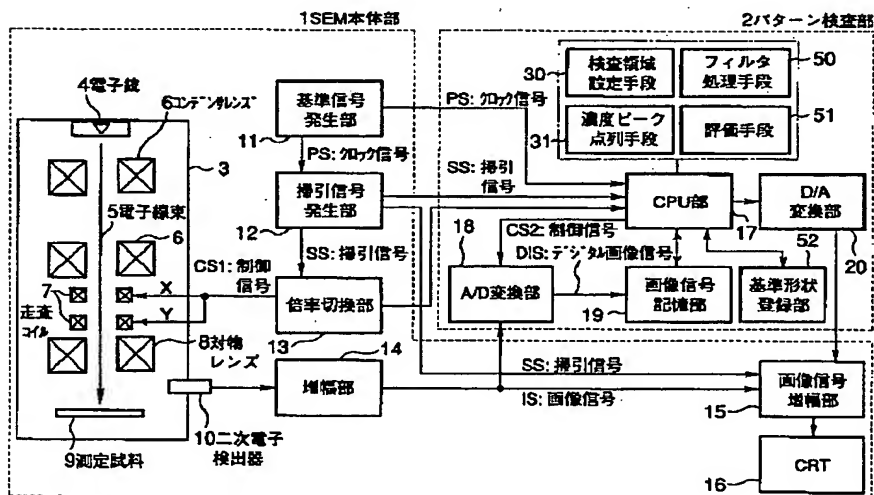
【図26】



【図28】

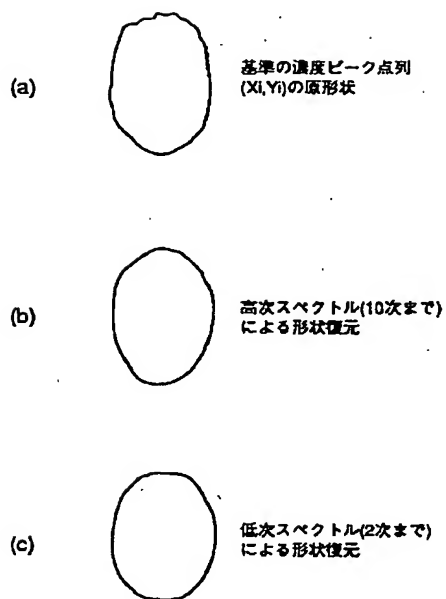


【図27】

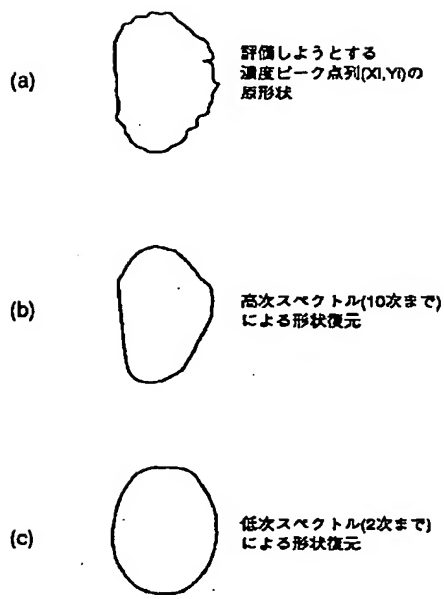




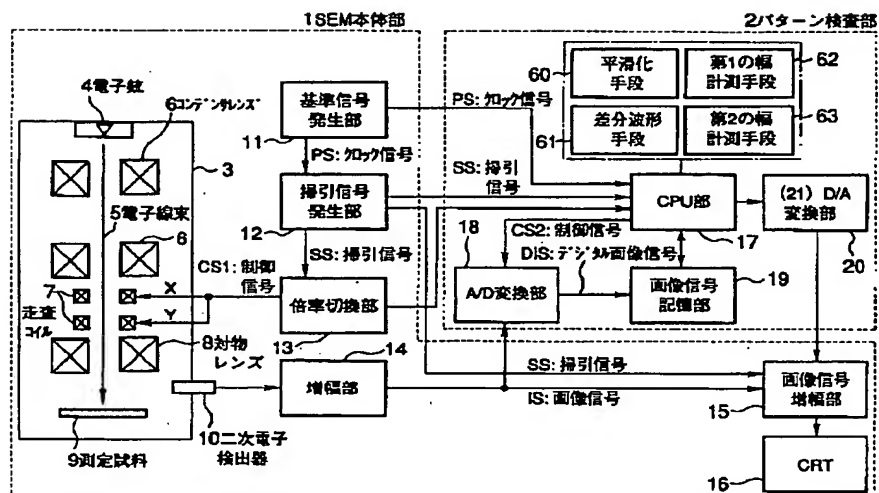
【図29】



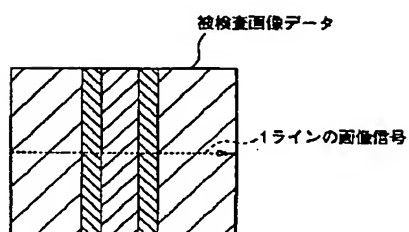
【図30】



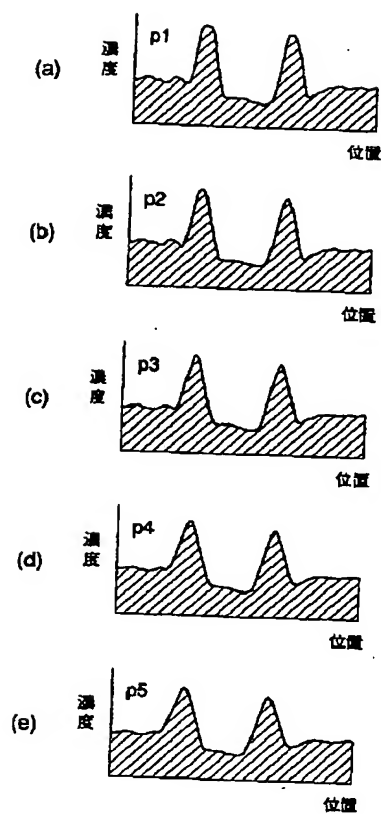
【図31】



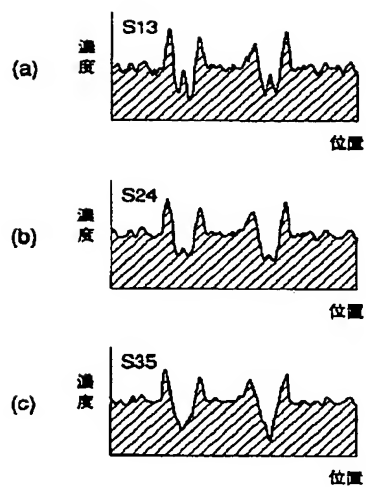
【図32】



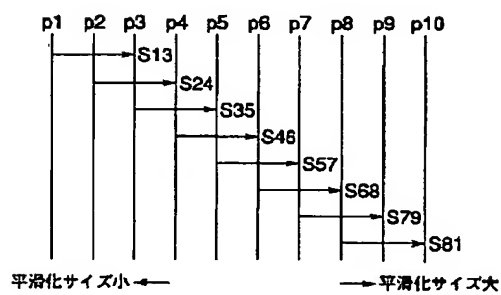
【図33】



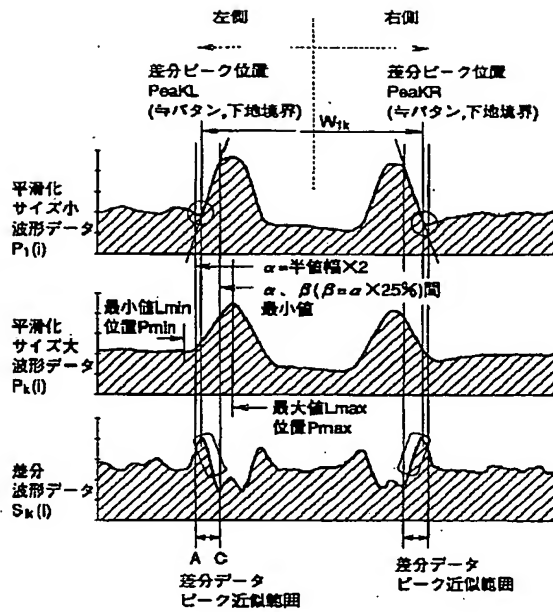
【図34】



【図35】



【図36】



【図37】

